

Juha Tervonen  
Jyrki Rinta-Piirto

## Ratakapasiteetti-investointien kannattavuuden tarkastelu





Juha Tervonen, Jyrki Rinta-Piirto

# Ratakapasiteetti-investointien kannattavuuden tarkastelu

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 59/2018

Liikennevirasto  
Helsinki 2018

*Kannen kuva: Anita Raunio / vastavalo.fi*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-636-2

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Juha Tervonen ja Jyrki Rinta-Piirto: Ratakapasiteetti-investointien kannattavuuden tarkastelu.** Liikennevirasto, hankesuunnittelu. Helsinki 2018. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 59/2018. 60 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-636-2.

**Avainsanat:** ratakapasiteetti, investointi, kannattavuus, kaukoliikenne, lähiliikenne, tavara-liikenne

## Tiivistelmä

Useat Liikenneviraston ratakapasiteetti-investoinnit on arvioitu kannattamattomiksi. Yleisiä selityksiä ovat ohuet matkustajavirratt ja kapasiteetin pääasiassa hyvä riittävyys nykyisessä toimintaympäristössä. Rahdin kulkuolosuhteet ovat myös yleisesti varsin hyvät. Ratakapasiteetti voi kuitenkin täytyä joillain rataverkon osilla, joissa lähijuna-, kaukojuna- ja tavarajunaliikenne lisääntyy. Siitä voi seurata matkustus- ja kuljetuskysynnän purkautumista muille liikennemuodoille, ja se voi aiheuttaa merkittäviä kustannusseuraamuksia.

Tarkemmin tarkastellen heikkoa kannattavuutta selittävät myös matka-aikojen vähäinen lyheneminen, rahdin kulkuun liittyvien hyötyjen, henkilöliikenteen viiveiden vähenemisen ja vuorotarjonnan lisäämisen aliarvostukset ja ilmastohyötyjen mahdollinen aliarvostus. Junien liikennöintikustannukset lisääntyvät usein lipputulota enemmän. Autoilun vähenemisestä seuraava polttoaineverotulojen muutos aiheuttaa negatiiviset julkistaloudelliset vaikutukset.

Kansainvälisten esimerkkien nojalla junien kulun täsmällisyyden paranemista, vuorotarjonnan lisäämistä ja odotusaikojen lyhenemistä tulisi arvostaa nykyistä korkeammalle. Samoin rahdin kulun nopeutumiselle ja viiveiden vähenemiselle tulisi määrittää arvo. Hankkeisiin tulisi ehkä myös kytkeä voimakkaammin matkustajamääriin vaikuttavia yhteiskunnallisia kehityskulkuja, kuten asemaseutujen maankäyttöpolitiikka.

Junien liikennöintikustannusten muutoksia tulisi tutkia lisää suoraviivaisen kustannusten lisääntymisen sijaan mahdollisesti saavutettavissa olevien tehokkuus- ja tuottavuusvaikutusten arvioimiseksi. Myös matkalippujen hinnoista ja lipputulosten muodostumisesta tulisi olla enemmän tietoa. Investoinneista seuraavaa valtion verotulojen nettomääräistä muutosta tulisi tutkia tarkemmin. Autoilusta mahdollisesti säästyvät varat voivat kohdentua toisenlaiseen kulutukseen kerryttäen korvaavia verotuloja.

Esimerkkilaskelmien mukaan edellä mainituilla yksityiskohtaisilla ratahankkeiden vaikutusten määrittämis- ja arvottamistapojen muutoksilla voidaan voimistaa kapasiteetin lisäämisen hyödyllisten vaikutusten esille tulota ja vahvistaa investointien kannattavuutta, joskin näiden merkitys on rajallinen. Ratakapasiteetin loppuminen ja kysynnän purkautuminen toisille liikennemuodoille lisäisi kapasiteetti-investointien kannattavuutta merkittävästi. Matkustajamääriä kasvattava asemaseutujen maankäytön liittäminen hankkeisiin lisäisi myös kannattavuutta. Ratakapasiteetti-investoinneista ei kuitenkaan välttämättä muodostu erityisen kannattavia. Se on nähtävissä kansainvälisistä esimerkeistä suurten matkustajavirtojen äärestä. Ratakapasiteetin ja junatarjonnan lisääminen on kallista.

Muina tutkimusaiheina esille nousevat kulunvalvonnan ja liikenteenohjauksen mahdollisuudet tehostaa ratakapasiteettia ilman investointeja, aikatauluväljyyden arvottaminen ja aikatauluoptymoinnin taloudellinen merkitys sekä taloudellisen tehokkuuden ja tuottavuuden muutosten tarkastelut niin radanpidon kuin liikennepalvelujen osalta. Tässä työssä ei tarkasteltu kapasiteetti-investointien kustannuksia, mutta myös siihen tulee kiinnittää huomiota.

**Juha Tervonen och Jyrki Rinta-Piirto: Granskning av lönsamheten hos investeringarna i bankapaciteten.** Trafikverket, projektplanering. Helsingfors 2018. Trafikverkets undersökningar och utredningar 59/2018. 60 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-636-2.

**Nyckelord:** bankapacitet, investering, lönsamhet, fjärrtrafik, närtrafik, godstrafik

## Sammanfattning

Många av Trafikverkets investeringar i bankapaciteten har bedömts vara olönsamma. Vanliga orsaker är små passagerarströmmar och en kapacitet som i regel är tillräcklig under nuvarande förhållanden. Godstrafikens förutsättningar är också allmänt taget mycket goda. Bankapaciteten kan dock fyllas på någon del av bannätet, där när-, fjärr- och godstrafiken ökar. Detta kan leda till en passagerar- och transportefterfrågan på andra trafikformer, vilket kan orsaka märkbara kostnadsföljder.

Vid en närmare granskning orsakas den svaga lönsamheten också av att restiderna förkortas obetydligt, av att nyttan i godstrafik, minskade förseningar i passagerartrafik och ökad turfrekvens underskattas samt av att klimatnyttan eventuellt underskattas. Trafikeringskostnaderna för tågen ökar ofta mer än biljettintäkterna. Förändringen av bränsleskatteintäkterna till följd av minskad bilism påverkar den offentliga ekonomin negativt.

Baserat på internationella erfarenheter borde den förbättrade tågpunktligheten, de ökade turfrekvenserna och de förkortade väntetiderna uppskattas mer än de gör idag. På samma sätt borde man fastställa ett värde på den försnabbade godstrafiken och de minskade förseningarna. Projekten borde kanske också få en starkare koppling till samhälls- och utvecklingspolitik som påverkar passagerarmängderna, såsom stationsområdets markanvändningspolitik.

Istället för att enbart granska direkta kostnadsökningar borde förändringarna i tågens trafikeringskostnader undersökas mer för att bedöma vilka effektivitets- och produktivitetseffekter som eventuellt kan uppnås. Det behövs också mer information om biljettpriserna och biljettintäkternas uppbyggnad. Nettoförändringen i statens skatteintäkter till följd av investeringarna behöver undersökas närmare. De tillgångar som eventuellt sparas i bilismen kan rikta sig mot andra slag av konsumtion, vilket kan ge ersättande skatteintäkter.

Enligt exempelkalkyler kan man med hjälp av ovannämnda detaljerade förändringar i sättet att definiera och värdera banprojektens effekter betona nyttoeffekterna med ökad kapacitet och förstärka investeringarnas lönsamhet, även om deras betydelse är begränsad. Om bankapaciteten tog slut och efterfrågan riktades mot andra trafikformer, skulle kapacitetsinvesteringarnas lönsamhet höjas märkbart. Att koppla stationsområdenas markanvändning, som ökar passagerarmängderna, till projekten skulle också öka lönsamheten. Investeringarna i bankapacitet blir ändå inte nödvändigtvis särdeles lönsamma. Detta är uppenbart i de stora passagerarströmmarna i internationella sammanhang. Det är dyrt att öka bankapaciteten och tågutbudet.

Andra forskningsämnen som aktualiseras är möjligheten att genom trafikkontroll och trafikstyrning effektivisera bankapaciteten utan investeringar, värdering av flexibiliteten i tidtabellerna och den ekonomiska betydelsen av tidtabelloptimering, samt en granskning av förändringar i den ekonomiska effektiviteten och produktiviteten gällande både banunderhåll och trafiktjänster. I detta arbete har man inte undersökt kostnaderna för investeringar i kapacitet, men även dessa bör beaktas.

**Juha Tervonen and Jyrki Rinta-Piirto: Assessment of the profitability of track capacity investments.** Finnish Transport Agency, Project Planning. Helsinki 2018. Research reports of the Finnish Transport Agency 59/2018. 60 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-636-2.

## Abstract

The Finnish Transport Agency's track capacity investments are often not profitable. This is due to generally low passenger flows and relatively sufficient supply of capacity at the moment. Also, the capacity conditions are generally good for freight traffic. However, on track sections where increasing commuter traffic, long distance passenger traffic and freight traffic are combined, shortage of capacity can run out and also cause traffic overflow and undesirable economic consequences.

Detailed reasons for weak profitability include (too) small travel time savings and underrated benefits to more fluent transportation of cargo, increased travel time reliability, denser scheduling of passenger services and emissions reductions in road traffic. New supply of train services is often more costly than increases in ticket revenue. Reductions in passenger car use lowers fuel tax income to the state and this strains the profitability of capacity investments.

According to international examples, improved travel time reliability, increased supply of train services and reductions in wait time should be valued higher than today. Also, benefits to the more fluent passage of cargo should be valued. Passenger travel times should reduce more than presently suggested. Changes in train running costs should be examined with respect to achievable economic efficiency and relative reductions in cost instead of straightforward cost increases. Knowledge on ticket pricing and revenue build-up should be improved. Also, ultimate net changes in state tax revenues should be examined more closely with respect to reformation of consumption due to changes in travel costs.

According to the case studies made in this project, changes in calculation and valuation of some impacts on passenger travel and cargo transportation can strengthen the profitability of track capacity investments, but only to a limited degree. Exhaustion of track capacity on some intensively used track sections can boost the profitability of investments. Travel demand could be examined together with particular land-use developments close to station districts. In spite of all, the profitability of track capacity investments is not yet likely to be strong. This is evident from comparisons of international examples where large passenger flows are often present. Track capacity investments and increased supply of train services are expensive.

Further research topics brought up include the potential of traffic control to improve the efficiency of capacity use, and the economic relevance of increased timetable flexibility and potential for timetable optimization. Also, economic theories on productivity as well as examples from private railroad industries raise the importance of examining scale benefits of supplying train services and track capacity, and its relevance for investment decisions. This study did not focus on the costs of track capacity investments, but they should also be examined in the future.

## Esipuhe

Rautateiden kapasiteetin riittävyys on noussut vahvasti esille henkilöliikenteen kilpailulle avaamisen myötä. Kilpailun avaamisen oletetaan laskevan lippuhintoja, lisäävän kysyntää ja sitä kautta myös junatarjontaa. Yhdessä ennustetun raideliikenteen peruskasvun kanssa tämän oletetaan johtavan vilkkaimmilla rataosilla ratakapasiteetin täyttymiseen ilman kapasiteettia kasvattavia investointeja.

Raidekapasiteetin merkittävän lisäämisen yhteiskuntataloudellista kannattavuutta on tutkittu mm. Pasila–Riihimäki, Riihimäki–Tampere ja Luumäki–Imatra-rataosilla, mutta näiden hankkeiden kannattavuudet ovat jääneet alhaisiksi. Tämä on nostanut esille kysymyksen mahdollisista puutteista hankearvioinnin menetelmissä.

Työn tavoitteena oli arvioida nykyisten hankearvioinnin menetelmien toimivuutta ratakapasiteettia merkittävästi lisäävissä hankkeissa. Arvioinnin tuloksena kuvataan mahdolliset puutteet hankearvioinnissa ja analysoidaan miksi raidekapasiteettia lisäävien hankkeiden kannattavuudet jäävät alhaisiksi.

Selvityksen ohjausryhmään kuuluivat Laura Aitolehti, Taneli Antikainen, Anton Goebel (pj.), Harri Lahelma, Antti Lautela ja Tuomo Suvanto Liikennevirastosta. Selvityksen laativat Juha Tervonen (JT-Con) ja Jyrki Rintapiirto (Strafica Oy).

Helsingissä marraskuussa 2018

Liikennevirasto  
Hankesuunnitteluosasto



# Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	8
2	RATAKAPASITEETIN MÄÄRITTEITÄ .....	9
3	LIIKENNEVIRASTON HANKEARVIOINTEJA JA TUTKIMUKSIA.....	11
3.1	Hankearviointeja.....	11
3.1.1	Luumäki–Imatra–Imatrankoski .....	11
3.1.2	Pasila–Riihimäki .....	13
3.1.3	Riihimäki–Tampere.....	15
3.1.4	Espoon kaupunkirata.....	16
3.1.5	Yhteenveto.....	18
3.2	Tutkimuksia kapasiteetista ja myöhästymisten arvosta.....	21
3.3	Kapasiteetin käytettävyyden ylläpitäminen .....	21
3.4	Kulunvalvonnan uudistaminen .....	22
4	KANSAINVÄLINEN KATSAUS.....	24
4.1	Tuotantokapasiteettiin ja -kustannuksiin liittyvää teoriaa .....	24
4.2	Empiirisiä tarkasteluja.....	25
4.2.1	Kapasiteetti-investoinnit rautateillä .....	25
4.2.2	Liikenteenohjauksen merkitys .....	28
4.2.3	Kapasiteetin vaikutus matkustamisen laatuun .....	29
4.2.4	Aikataulusuunnittelun merkitys .....	29
4.2.5	Verkostovaikutus ja laajemmat taloudelliset vaikutukset.....	30
4.2.6	Kapasiteetin hinnoittelu .....	31
4.3	Ohjeistukset ja laskelmat.....	32
4.3.1	Laskenta-aika, diskonttokorko ja korotustekijä .....	32
4.3.2	Vaikutustekijät ja niiden arvo .....	33
4.4	Ruotsalaisia kannattavuusarviointeja .....	33
5	ESIMERKKILASKELMAT .....	37
5.1	Tavoitteet.....	37
5.2	Vaikutustarkastelun muutokset.....	38
5.2.1	Ajan arvo häiriötilanteissa.....	38
5.2.2	Vuorotarjonnan tiheys.....	38
5.2.3	Tavaraliikenteen rahdin kulkuajan arvo.....	39
5.2.4	Maankäytön kehitys.....	39
5.3	Esimerkkilaskelmat .....	39
5.3.1	Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 1 .....	39
5.3.2	Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 2 .....	42
5.3.3	Lähijunaliikenteen esimerkkilaskelma.....	44
5.3.4	Teoreettinen tarkastelu rata- ja matkustajakapasiteetin loppumisesta.....	45
5.4	Yhteenveto esimerkkilaskelmista.....	48
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET.....	52
6.1	Liikenneviraston arviointimenettely .....	52
6.2	Kirjallisuuden antia.....	54
6.3	Esimerkkilaskelmat.....	56
6.4	Jatkokehittämisen suositukset .....	56
	LÄHTEET .....	58

# 1 Johdanto

Tässä työssä on tutkittu ratakapasiteettia lisäävien investointien kannattavuuden muodostumista ja kannattavuusarvioinnin kehittämistä. Useimmat Liikenneviraston ratakapasiteetti-investoinnit erilaisine toimenpidevaihtoehtoineen ovat vaikutustarkastelujen mukaan selvästi kannattamattomia. Toisaalta joitain niukasti kannattavia investointeja ja toimenpidevaihtoehtoja on myös olemassa. Ratakapasiteetin kehittäminen on joka tapauksessa haastavaa investointien usein heikon kannattavuuden vuoksi.

Samaan aikaan ratakapasiteetin kehittämistä edellyttävät mm. junamatkustamisen lisääntyminen sekä tavaraj- ja henkilöliikenteen kilpailun lisääntyminen ja useampien liikennöitsijöiden markkinoille tulo. Ratakapasiteetti ei saisi muodostaa pullonkaulaa matkustus- ja kuljetuskysynnän lisääntymiselle eikä kilpailulle kuljetuspalvelujen tarjoamisessa. Rautateiden rooli liikennesektorin ilmastopolitiikan toteuttamisessa korostunee tulevaisuudessa entistä enemmän ja ratakapasiteetin puutteiden ei tulisi muodostua sillekään esteeksi.

Tässä työssä kapasiteettihankkeiden kannattavuusarvioinnin kehittämistä on tutkittu tarkastelemalla kapasiteetti-investointeihin liittyviä teorioita ja empiriaa, kansainvälisiä hankearviointiohjeistuksia ja -esimerkkejä sekä Liikenneviraston ratainvestointien kannattavuusarviointikehikkoa ja laadittuja hankearviointeja. Pyrkimyksenä on ollut arvioida, onko Liikenneviraston arviointikehikko kapasiteetti-investointien tarkastelussa jotenkin puutteellinen ja aliarvostetaanko kapasiteettihankkeiden hyötyjä. Tässä työssä ei käsitellä kapasiteettitoimenpiteiden kustannuksia ja sen merkitystä investointien kannattavuudelle.

Työssä on laadittu laskennallisia tapaustarkasteluja, joilla on tutkittu kapasiteettihankkeiden kannattavuudelle merkityksellisten ennalta tunnettujen tai nyt tunnistettujen vaikutustekijöiden avulla sitä, mitkä tekijät ovat kannattavuuden kannalta kriittisiä ja onko nykyistä vaikutusten arviointikehikkoa perusteltua täydentää tavalla tai toisella.

Työn lopuksi on vedetty yhteen arvio siitä, miksi Liikenneviraston ratakapasiteetti-investoinnit ovat usein kannattamattomia. Edelleen, työn lopussa esitetään suositukset kannattavuusarvioinnin kehittämiseksi. Myös muita tutkimussuosituksia esitetään.

Liikennevirastolla on ollut samaan aikaan työn alla ratakapasiteetin määrittelyyn, mittaamiseen ja vaikutustarkasteluun sekä kulunvalvontatekniikkaan liittyviä tutkimushankkeita. Tässä työssä ei siksi ole käsitelty ratakapasiteettiin liittyviä teknisiä määrittelyitä syvällisesti. Hankearvioinnin kehittämiseen liittyvien selvitysten tuloksia on nyt hyödynnetty mm. henkilöliikenteen viiveiden ja rahdin aikasäästön merkityksen tarkastelemisessa.

## 2 Ratakapasiteetin määrittäminen

Ratakapasiteetti voidaan määrittellä yksinkertaisimmillaan seuraavasti (Pitkänen 2006):<sup>1</sup>

Kapasiteetti ilmoittaa rataosalle, liikennepaikalle, ratapihalle tai suurimman mahdollisimman junamäärän aikayksikköä kohden (alun perin Pacht 2002).

Ratakapasiteettia voidaan kuvata aikatauluttamisen ehdoilla seuraavasti:

Junien enimmäismäärä, joka voidaan aikatauluttaa rautateille tarkastellulla aikavälillä.<sup>2</sup>

Junien lukumäärä, joka voidaan sovittaa ristiriidattomaan ja kaupallisesti houkuttelevaan aikatauluun, joka toimii odotettavissa olevien viiveiden ja sovittujen toimivuustavoitteiden rajoissa (Lindfeldt 2015).<sup>3</sup>

Ratakapasiteetin lisäämisellä tavoitellaan ensi sijassa junien lukumäärän lisäämistä tarkasteltavalla rataverkon osalla tunnissa tai vuorokaudessa. Sen lisäksi voidaan tavoitella aikatauluttamisen joustavuutta, häiriöriskien vähentämistä ja parempaa häiriöiden sietokykyä. On myös mahdollista, että kapasiteetin käyttöasteen noston (junien lkm lisääminen) seurauksena rataverkon (joidenkin rataosien) toimivuus heikenee. Kapasiteetin korkean käyttöasteen tavoittelu voi siis johtaa tasapainoiluun liikenteen määrän ja rataverkon hyvän toimivuuden kanssa (Trafikverket 2011).

Lindfeldt (2015) toteaa, että oleellisin ratakapasiteetin määrittäjä on raiteiden lukumäärä yhteysvälillä. Sekaliikenteen olosuhteissa kaksoisraiteen kapasiteetti on kutakuinkin nelinkertainen yhteen raiteeseen verrattuna. Neljän raiteen kapasiteetti on puolestaan noin kolmikertainen kaksoisraiteeseen verrattuna.

Muita ratakapasiteettiin vaikuttavia tekijöitä ovat (raiteiden lukumäärästä riippuen) muun muassa (Landex ym. 2006; Invesys 2007; Lindfeldt 2015)

- erityyppisten junien sortimentti
- junien kulkusuunnat
- junien kulkunopeudet, kiihtyvyydet ja hidastuvuudet
- junien viipymät rataosilla
- junien pituudet ja maksimipainot
- aikataulutukset
- erityyppisten junien aikatauluhäiriöiden sietokyky
- rataosien pituus, kohtaamisraiteiden sijainti ja pituus
- liikenteenohjauslaitteiden sijainti ja suojustusetäisyydet
- liikennepaikkojen raiteistojen kapasiteetti

<sup>1</sup> Synonyyminä käytetään yleisesti myös ilmaisua "välityskyky".

<sup>2</sup> "Capacity is the maximum number of trains which can be scheduled in the railway in a fixed period of time" (Glossary of Terms Related to Railway Network Statements, Railnet Europe).

<sup>3</sup> "The number of trains that can be incorporated into a timetable that is conflict free, commercially attractive, compliant with regulatory requirements, and can be operated in the face of anticipated levels of primary delays whilst meeting agreed performance targets."

- matkustaja-asemien ja rahtiterminaalien kapasiteetti ja
- kunnossapidon laatu.

Ratakapasiteettia, ja laajemmin tarkastellen *kuljetuskapasiteettia*, tulisi lisätä aina kustannustehokkaimpia keinoja käyttäen, ottaen huomioon se, kuinka paljon lisää kapasiteettia tarvitaan. Osa toimenpiteistä on rataverkon haltijan ja osa liikennöitsijöiden vastuualueella.

Ratakapasiteettia voidaan lisätä rataverkon haltijan toimesta muun muassa seuraavin investoinnein:

- hidastuskohteiden (mm. tasoristeykset) poistaminen ratalinjoilta (nopeuksien tasoittaminen),
- nopeustason/kantavuuden nosto (rakenteen parantamisella),
- ohitus-/kohtaamisraiteiden rakentaminen ja raiteenvaihtopaikkojen lisääminen,
- lisäraiteiden rakentaminen (kaksi-, kolme- ja neliraiteiset rataosat) tai uusien ratojen rakentaminen.

Raideliikennejärjestelmän operointitehokkuuden tehostamisen keinoja tulisi myös etsiä suurten infrastruktuuri-investointien välttämiseksi. Siinä keinoja voivat olla:

- kulunvalvonnan ja liikenteenohjauksen tehostaminen (ml. turvalaitteet),
- kunnossapidon tehostaminen (häiriöherkkyyden vähentäminen / varakapasiteetin tarpeen vähentäminen) ja
- kapasiteetin käytön ohjaaminen maksuilla (ruuhkakysynnän ohjaaminen, reitinvalinnan ohjaaminen).

Investoimiselle vaihtoehtoiset, osin liikennöitsijöiden vastuulla olevat keinot, on tärkeää tunnistaa. Junien ominaisuuksiin ja kokoonpanoon liittyvät toimenpiteet voivat lisätä *matkustajakapasiteettia* ja *rahtikapasiteettia* ilman infrastruktuuri-investointeja. Keinoja voivat olla:

- matkustajajunien pidentäminen ja kaksikerrosvaunujen käyttö sekä
- tavarajunien pidentäminen tai vaunujen kuljetustilavuuden suurentaminen.

## 3 Liikenneviraston hankearviointeja ja tutkimuksia

### 3.1 Hankearviointeja

#### 3.1.1 Luumäki–Imatra–Imatrankoski

Luumäki–Imatra–Imatrankoski-hankkeen päätavoitteena on välityskyvyn parantaminen sekä tavaraj- ja henkilöliikenteen palvelutason ja toimintaedellytysten parantaminen.<sup>4</sup> Toimenpidevaihtoehdot ovat (taulukko 1):

- Ve0++ liikennepaikkojen parantaminen (vertailuvaihtoehto)
- Ve1 nopeustason ja akselipainon nosto
- Ve2A1 osittainen kaksoisraide Luumäki–Tupavuori ja Joutseno–Imatra
- Ve2A2 osittainen kaksoisraide Lappeenranta–Joutseno
- Ve2A3 osittainen kaksoisraide Joutseno–Imatra
- Ve2B osittainen kaksoisraide Luumäki–Tupavuori ja Joutseno–Imatra sekä Imatra–Imatrankoski-raja parantaminen
- Ve3A kaksoisraide Luumäki–Imatra,
- Ve3B kaksoisraide Luumäki–Imatra sekä Imatra–Imatrankoski-raja parantaminen.

Toimenpidevaihtoehdoista edullisin investointi Ve1 on kannattava, muut vaihtoehdot ovat kannattamattomia kutakuinkin samassa hyötyjen ja kustannusten suhteessa.

Toimenpidevaihtoehtojen vaikutuksia kuvaavasta raportista voidaan nostaa esille seuraavia havaintoja. Henkilöliikenteessä junatarjonta ei juurikaan lisäännä, mutta junien kulkuajat nopeutuvat. Sen myötä matkustajien matka-ajan lyhenemisen merkitys on suuri. Myös uusia matkustajia siirtyy tieliikenteestä ja liikennöitsijän lipputulot lisääntyvät, mutta uusia matkustajia ei tule niin paljon, että junatarjontaa tulisi lisätä. Henkilöliikenteen liikennöintikustannusten on arvioitu alenevan selvästi oletettavasti kalustokiertoa liittyvistä syistä. Tavarajunien liikennöintikustannukset alenevat useimmissa vaihtoehdoissa (jopa runsaasti) pysähtymisten vähenemiseen ja kalustokiertoa liittyvistä syistä. Uutta rahtiliikennettä ei kuitenkaan synny. Kaikki toimenpidevaihtoehdot ovat julkistaloudellisesti selvästi negatiivisia.

Hankkeen painopisteenä on lisätä kapasiteetin lisäämisen avulla tavaraliikenteen kulun sujuvuutta ja aikataulutuksen väljyyttä. Tavaraliikenteen hyödyt eivät kuitenkaan tule hankearvioinnissa esille paitsi liikennöintikustannusten alenemisen kautta. Siten henkilöliikenteelle hyödyllisten vaikutusten painoarvo onkin suurempi ilman, että hankkeella olisi varsinaista kapasiteettivaikutusta (junatarjonnan lisäystä ja matkustajamäärien voimakasta lisäystä). Yhteiskäytössä olevilla radoilla kapasiteettiinvestointien tulisi kannattavuuden tavoittelun näkökulmasta tehostaa ja lisätä henkilö- ja tavaraliikennettä voimakkaammin. Edelleen, tavaraliikenteen sujuvuuden parantamisen tulisi näkyä myös rahdin kulun näkökulmasta.

---

<sup>4</sup> Kiuru, T. & Sipilä, J. Luumäki–Imatra–Imatrankoski-raja hankearviointi. Liikenneviraston suunnitelmia 5/2015.

Luumäki–Imatra–Imatrankoski-hanke poikkeaa muista tarkastelluista hankkeista oleellisesti siten, että henkilö- ja tavarajunien liikennöintikustannukset alenevat muodostaen merkittävän tuottajan ylijäämän (muissa hankkeissa käy useimmiten toisin päin). Toisena seikkana henkilö- ja linja-automatkatamisen aikaansaama valtion verotulojen menetys on arvioitu merkittävästi kannattavuutta heikentäväksi tekijäksi (muissa hankkeissa julkistaloudelliset tulonmenetykset ovat pienemmät tai valtion tulot jopa hieman lisääntyvät). Linja-autoliikenteen ajokustannusten väheneminen laskee oletetun joukkoliikenteen markkinaosuuksien muutoksen investoinnille hyödyksi. Asia kuuluu kuitenkin pikemminkin aiemman ja uuden matkustustavan lipunhintavertailuun (linja-auto vs. juna). Linja-autovuorojen lakkauttamista koskeva oletus on voimakas eikä se ole ehkä myöskään täysin perusteltu.

*Taulukko 1. Luumäki–Imatra-hankkeen toimenpidevaihtoehtojen kannattavuus.*

(M€)	Ve1	Ve2a1	Ve2A2	Ve2A3	Ve2B	Ve3A	Ve3B
<b>KUSTANNUKSET (K)</b>	<b>47,9</b>	<b>162,1</b>	<b>133,7</b>	<b>126,1</b>	<b>247,5</b>	<b>255,7</b>	<b>331,5</b>
Investointikustannukset	44,5	151,7	124,8	117,6	232,7	242,0	313,9
Rakentamisen aikaiset korot	1,6	8,2	6,8	6,4	12,6	13,2	17,1
Rakentamisen aikaiset haitat	1,9	2,2	2,2	2,2	2,2	0,5	0,5
<b>HYÖDYT (+) JA HAITAT (-)</b>							
Väylänpitäjän kustannusmuutos	-7,1	-17,5	-13,1	-13,1	-19,4	-29,2	-31,2
Radan kunnossapito ja käyttö	-7,8	-18,3	-14,0	-14,0	-20,2	-30,4	-32,3
Tien kunnossapito ja käyttö	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1
Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän muutos	49,7	63,2	62,3	63,2	63,2	83,2	83,2
Junien liikennöintikustannusten muutos	4,0	4,7	4,7	4,7	4,7	5,2	5,2
Linja-autojen liikennöintikustannusten muutos	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	3,0	3,0
Lipputulosten muutos (alv 0)	44,0	56,3	55,4	56,3	56,3	75,0	75,0
Kuluttajan ylijäämän muutos	16,4	20,9	20,5	20,9	20,9	27,7	27,7
Nykyiset matkustajat aikakustannus	15,9	20,1	19,7	20,1	20,1	26,4	26,4
Siirtyvät ja uudet matkustajat aikakustannus	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,4	1,4
Tavaraliikenteen kuljetuskustannusten muutos	-0,2	3,5	3,2	2,5	67,0	9,1	73,5
Liikennöintikustannusten muutos	-0,5	3,3	2,9	2,2	64,7	8,9	71,2
Ratamaksujen muutos	0,3	0,3	0,3	0,3	2,3	0,3	2,3
Onnettomuuskustannusten muutos	16,3	20,8	20,5	20,8	21,1	27,6	28,0
tasoristeysonnettomuudet	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,5
tieliikenteen onnettomuudet	16,1	20,6	20,3	20,6	20,6	27,5	27,5
Ympäristökustannusten muutos	3,3	3,9	3,9	3,9	4,5	4,8	5,4
rautatieliikenteen päästökustannukset	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	0,3	-0,5	0,1
tieliikenteen päästökustannukset	2,6	3,3	3,2	3,3	3,3	4,4	4,4
rautatieliikenteen melukustannukset	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Julkistaloudel. verojen ja maksujen muutos	-17,2	-21,9	-21,6	-21,9	-23,9	-29,1	-31,1
ratamaksut	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-2,3	-0,3	-2,3
tieliikenteen verot ja maksut	-20,6	-26,3	-25,9	-26,3	-26,3	-35,1	-35,1
lippuhintoihin sisältyvät arvonlisäverot	3,7	4,7	4,6	4,7	4,7	6,2	6,2
Jäännösarvo	1,6	7,0	5,2	5,4	12,6	10,3	15,5
<b>HYÖDYT JA HAITAT YHTEENSÄ (H)</b>	<b>62,9</b>	<b>80,0</b>	<b>80,7</b>	<b>81,6</b>	<b>146,0</b>	<b>104,5</b>	<b>170,9</b>
<b>HYÖTY-KUSTANNUSSUHDE (H/K)</b>	<b>1,31</b>	<b>0,49</b>	<b>0,60</b>	<b>0,65</b>	<b>0,59</b>	<b>0,41</b>	<b>0,52</b>

### 3.1.2 Pasila–Riihimäki

Pasila–Riihimäki-hankkeen tavoitteena ovat henkilöjunaliikenteen lisääminen välityskykyä nostamalla, häiriösietokyvyn parantaminen ja tavaraliikenteen toimintaedellytysten turvaaminen lisääntyvän henkilöliikenteen välissä.<sup>5</sup> Toimenpidevaihtoehdot ovat (taulukko 2):

- Rakennetaan kaksi lisäraidetta väleille Kytömaa–Ainola ja Purola–Jokela sekä lisäraide Kytömaan kohdalle pääradalta Lahden oikoradalle.
- Keravan ja Jokelan välille muodostuu yhtenäinen noin 20 kilometrin pituinen neliraiteinen osuus.
- Lisäksi ratasuunnitelmassa on mukana Hyvinkään ja Riihimäen välinen noin kuuden kilometrin pituinen lisäraide.

Kaikki toimenpidevaihtoehdot ovat kannattamattomia. Toimenpidevaihtoehtojen raportoiduista vaikutuksista voidaan nostaa esille seuraavia havaintoja. Hanke lisää lähiliikenteen junatarjontaa samalla myös odotusaikoja lyhentäen. Lähiliikenteen matka-ajat eivät muutoin lyhene. Sen mukaisesti lähiliikenteen hyödyt syntyvät palvelutason paranemisesta. Matkustajamäärät lisääntyvät aluekehitykseen ja kulkutavan vaihtamiseen nojaavien oletusten ehdoilla. Kaukojunaliikenteessä matka-ajat eivät lyhene eikä lisätarjontaa myöskään tule, mutta olemassa olevan liikenteen viiveet vähenevät. Matkustajamäärät eivät lisäännä hankkeen vuoksi. Tavaraliikenne nopeutuu ja pysähdykset vähenevät, mutta se otetaan huomioon pelkästään liikennöintikustannusten muutoksena, ei rahdin näkökulmasta. Tieliikenteen puolella kulkutavan vaihdon ansiosta tapahtuvat sujuvuus- ja turvallisuushyödyt ovat varsin suuria.

Henkilöliikenteen tuottajan kannalta tulos on negatiivinen, ts. junien liikennöintikustannukset lisääntyvät tarjonnan lisääntymisen vuoksi enemmän kuin lipputulot. Tämä on tosin yleinen asetelma ostetun joukkoliikenteen tapauksessa (liikennöintiä kustannetaan lipputulojen ja julkisen subvention yhdistelmänä).

Lähiliikenteen tuottajan ylijäämään koskevien tulosten nojalla voidaankin pohtia, että tulisiko liikennöintikustannusten vaje olettaa ostetun joukkoliikenteen tapauksessa julkisella tuella katettavaksi (palvelun tuottajan tulona) niin, ettei vaje rasittaisi investoinnin kannattavuutta? Tällöin olisi loogista esittää lisääntynyt tuen tarve julkistaloudellisen tarkastelun yhteydessä tai erillisenä hankkeen kustannusvaikutuksena. Lopputulemana hankkeen kannattavuus ei toki muuttuisi; liikennöintikustannusten vaje siirtyisi vain uuteen kohtaan laskelmaa. Rasitteen poistaminen edellyttäisi esimerkiksi päätöstä siitä, että joukkoliikenteen järjestämisen (netto)kustannukset hyväksytään yhteiskunnallisen peruspalvelun tuottamisena samalla tavoin kuin muiden peruspalvelujen kustannukset.

Tässä hankkeessa julkistaloudellinen tulos on kahdelle toimenpidevaihtoehdolle positiivinen. Hankkeissa, jotka lisäävät junatarjontaa, on merkille pantavaa se, että ratamaksutulon lisäksi kompensoi osan tieliikenteen verotuottojen vähenemistä.

---

<sup>5</sup> Jyrki Rinta-Piirto (Strafica Oy). Pasila–Riihimäki-rataosan liikenteellisen välityskyvyn nostamisen vaihe 2, ratasuunnitelma: hankearviointi. Maaliskuussa 2018 päivitetty julkaisematon raportti.



Kapasiteetti-investoinnin kannattavuuden kannalta kriittisesti arvioituna hankkeessa jäävät vajaaksi kannattavuutta tukevin tekijöinä ainakin matka-aikojen lyheneminen (junamatkan osalta; lähi- ja kaukoliikenne) ja tavaraliikenteen sujuvuusvaikutukset rahdin kannalta arvioituna. Ilmeistä on myös se, että junamatkustamisen lisääntyminen ei riitä tukemaan investoinnin kannattavuutta.

Taulukko 2. Pasila–Riihimäki-hankkeen toimenpidevaihtoehtojen kannattavuus.

Diskontatut kustannukset ja hyödyt (M€)	Ve KePur	Ve KeJk	Ve KeJk + HyRi
<b>KUSTANNUKSET (K)</b>			
Investointikustannus (MAKU2010 110,6)	96,4	190,1	232,0
Investointikustannukset v. 2013 tasossa	97,6	192,4	234,8
Korko rakentamisen ja suunnittelun ajalta (korkokanta 3,5 %)	5,2	21,2	25,8
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>102,8</b>	<b>213,6</b>	<b>260,6</b>
<b>HYÖDYT (H) diskontattuna korkokannalla 3,5 %</b>			
Väylänpitäjän kustannusmuutokset	-4,1	-8,3	-10,0
Kunnossapitokustannukset	-4,1	-8,3	-10,0
Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän muutos	0	-5,3	-47,1
Lipputulojen muutos	0	24,5	36,7
Lähijunien liikennöintikustannusten muutos	0	-29,7	-83,8
Henkilöautoliikenteen ruuhkamaksutuotot	0	0,0	0,0
Kuluttajan ylijäämän muutos	1,6	93,2	142,0
Nykyiset lähijunamatkustajat yhteensä	0	82,8	127,9
<i>Aikakustannussäästöt</i>	<i>0</i>	<i>72,5</i>	<i>108,8</i>
<i>Palvelutasohyödyt</i>	<i>0</i>	<i>10,2</i>	<i>19,2</i>
Siirtyvät ja uudet lähijunamatkustajat	0	1,3	2,1
Kaukojunaliikenteen hyödyt	0,2	0,2	0,2
Tavarajunaliikenteen hyödyt	1,5	1,5	1,8
Tieliikenteen aikakustannussäästöt	0	7,4	10,0
Onnettomuuskustannusten muutos	0	3,8	7,7
Tieliikenteen onnettomuudet	0	3,8	7,7
Päästökustannusten muutos	0	0,1	0,0
Junaliikenteen päästöt	0	-0,4	-0,9
Tieliikenteen päästöt	0	0,5	0,9
<b>Melukustannusten muutos</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
Julkistaloudellisten verojen ja maksujen muutos	0	0,8	0,5
Henkilöjunien erityisverot ja maksut	0	0,8	2,0
Tieliikenteen polttoaine- ja arvonlisäverot	0	-2,5	-5,2
Arvonlisäverot joukkoliikenteen lipuista	0	2,4	3,7
<b>Jäännösarvo 30 vuoden jälkeen</b>	<b>7,8</b>	<b>13,4</b>	<b>16,3</b>
Rakentamisen aikaisten haitat	-2,4	-5,6	-5,6
<b>HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	<b>3,6</b>	<b>92,7</b>	<b>104,5</b>
<b>HYÖTY-KUSTANNUSSUHDE (H/K) käyttöönottovuosi 2025</b>	<b>0,03</b>	<b>0,43</b>	<b>0,40</b>



### 3.1.3 Riihimäki–Tampere

Riihimäki–Tampere-hankkeen tavoitteet ovat:<sup>6</sup>

- Lyhyellä (noin 5 vuoden) aikajänteellä parannetaan liikenteen täsmällisyyttä ja tavaraliikenteen kulkumahdollisuuksia.
- Keskipitkällä (noin 5–15 vuoden) aikajänteellä mahdollistetaan junatarjonnan kasvattaminen siten, että tavaraliikenteen kulkumahdollisuudet eivät heikene.
- Pitkällä (noin 15–30 vuoden) aikajänteellä mahdollistetaan Tampereen kaupunkiseudulle suunniteltu uusi lähijunaliikenne (Lempäälä–Tampere ja Tampere–Nokia).
- Lyhennetään matka-aikoja. Matka-aikojen lyhentäminen toisi nykyisille matkustajille matka-aikasäästöjä ja lisäisi junan houkuttelevuutta kulkumuotona.

Toimenpidevaihtoehdot ovat (taulukko 3):

- Ve 1 Uudet ohituspaikat
- Ve 2 Uudet ohituspaikat ja kolmas raide välille Riihimäki–Toijala
- Ve 3 Uudet ohituspaikat ja kolmas raide välille Riihimäki–Tampere
- Ve 4 Uudet ohituspaikat ja nopeuden nosto 200 km/h
- Ve 5 Uudet ohituspaikat ja nopeuden nosto 220 km/h
- Ve 6 Uudet ohituspaikat ja nopeuden nosto 250 km/h.

Huomio kiinnittyy siihen, että lähes kaikki arvioidut vaihtoehdot ovat erityisen selvästi kannattamattomia. Liikennöitsijän taloudellinen tulos osoittautuu kannattamattomaksi henkilöliikenteessä ja tavaraliikenteen kuljetuskustannushyödyt ovat vaatimatomat tai negatiiviset. Matka-aikahyödyt ovat pienet suhteessa investointikustannuksiin. Kuluttajien hyödyt liittyvät pääosin nykyisten matkustajien aika- ja palvelutahyötyihin. Siirtyviin matkustajiin liittyviä hyötyjä syntyy verraten vähän. Harkkystarkastelun mukaan matkustajamäärän kasvun kaksinkertaistaminen ei juurikaan paranna vaihtoehtojen kannattavuutta paitsi jälleen Ve 4 nousee sen myötä niukasti kannattavaksi (h/k 1,06)

Sen sijaan Ve 4 on lähes kannattava investointi.<sup>7</sup> Ve 4 ehkä osoittaa, että muista vaihtoehdoista selvästi poikkeavan optimaalisen toimenpidekokonaisuuden määrittelyn olevan mahdollista. Vaihtoehdossa kyetään synnyttämään muihin vaihtoehtoihin verrattuna merkittävät matka-aikahyödyt sekä yhtäaikaaisesti henkilöjunien liikennöintikustannusten aleneminen ja lipputulojen lisäys. Investointi on edullisempi kuin muut järeitä toimenpiteitä sisältävät vaihtoehdot. Huomionarvoista on se, ettei kannattavimpaan vaihtoehtoon sisälly suurinta kapasiteetin lisäystä (raiteiden rakentamista), joka tuodaan esille raportissakin mahdollisten täydentävien toimenpiteiden tarpeena.

<sup>6</sup> Tuomo Lapp (Ramboll Finland Oy). Riihimäki–Tampere-rataosan tarveselvitys, kehittämisvaihtoehtojen hankearviointi. Julkaisematon raportti huhtikuu 2018.

<sup>7</sup> Investointiin sisällytetyt yhteysväleillä joka tapauksessa tehtävät korvausinvestointikustannukset laskelmasta poistaen hanke nousee kannattavaksi (h/k 1,23). Sama efekti koskee myös vaihtoehtoja Ve 5 ja Ve 6.

Taulukko 3. Riihimäki–Tampere-hankkeen toimenpidevaihtoehtojen kannattavuus.

	VE 1	VE 2	VE 3	VE 4	VE 5	VE 6
<b>KUSTANNUKSET</b>	<b>31,6</b>	<b>412,2</b>	<b>602,2</b>	<b>191,5</b>	<b>291,2</b>	<b>336,5</b>
Suunnittelukustannukset	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Rakentamiskustannukset	29,6	397,2	580,8	184,0	280,4	324,2
Rakentamisen aikaiset korot	1,0	13,9	20,4	6,5	9,8	11,4
<b>HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	<b>-0,2</b>	<b>15,9</b>	<b>46,0</b>	<b>168,1</b>	<b>-114,6</b>	<b>-300,0</b>
Väylänpitäjän kustannukset - kunnossapito ja käyttö	-1,8	-18,7	-21,2	-1,8	-1,8	-1,8
Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän muutos	0,0	-8,8	-36,0	59,9	-278,0	-491,2
Liikennöintikust. (sis. erityisverot ja maksut)	0,0	-61,1	-151,1	19,4	-337,2	-561,0
Lippitulojen muutos	0,0	52,3	115,5	40,5	59,1	69,8
Kuluttajan ylijäämän muutos	0,0	16,5	67,7	106,9	158,4	187,3
Nykyiset matkustajat	0,0	15,4	48,4	105,0	150,5	176,3
Aikakustannussäästöt	0,0	0,0	0,0	105,0	150,5	176,3
Palvelutasohyödyt	0,0	15,4	48,4	0,0	0,0	0,0
Siirtyvä liikenne	0,0	1,1	19,3	1,9	4,0	5,5
Aikakustannussäästöt	0,0	0,0	0,0	1,9	4,0	5,5
Palvelutasohyödyt	0,0	1,1	19,3	0,0	0,0	0,0
Kuljetuskustannusten muutos	0,4	4,7	6,4	0,0	-0,3	-0,5
Onnettomuuskustannukset - tieliikenne	0,0	1,5	2,0	1,2	1,7	2,0
Päästökustannusten muutos	0,0	-0,1	0,1	0,8	-0,5	-2,1
Rautatieliikenne	0,0	-1,0	-1,1	0,0	-1,6	-3,4
Tieliikenne	0,0	0,9	1,3	0,8	1,1	1,3
Julkistaloudellisten verojen ja maksujen muutos	0,0	0,4	-2,1	-1,9	-2,7	-3,2
Ratamaksut	0,0	2,8	3,2	0,0	0,0	0,0
Tieliikenteen verot ja maksut	0,0	-8,7	-11,7	-7,0	-10,2	-11,9
Arvonlisäverot	0,0	6,4	6,4	5,2	7,5	8,8
Jäännösarvo	1,3	25,1	35,3	10,2	15,9	16,8
Rakentamisen aikaiset haitat	0,0	-4,7	-6,1	-7,3	-7,3	-7,3
<b>HYÖTY-KUSTANNUSSUHDE</b>	<b>-0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,88</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,89</b>

### 3.1.4 Espoon kaupunkirata

Espoon kaupunkiratahankkeen tavoitteena ovat tiheän junatarjonnan alueen laajentaminen, lähijunien kulun nopeutuminen ja junien keskinäisten nopeuserojen pienentäminen.<sup>8</sup> Lisäksi lähijuna- ja kaukoliikenteen häiriöt eivät heijastu toisiinsa.

Toimenpidevaihtoehtoja ovat (taulukko 4):

- Ve EPO Kaupunkirataa jatketaan Leppävaarasta Espooseen
- Ve KLH Kaupunkirataa jatketaan Leppävaarasta Espooseen Kauklahteen

Vaihtoehtoista Ve1 on kannattava. Ve2 on melkein kannattava. Kyseessä on aito kapasiteettihanke, jossa rakennetaan koko yhteysvälille uudet raiteet, joiden myötä junatarjontaa lisätään merkittävästi ja muun liikenteen sujuvuus paranee. Lisäksi hanke kohdistuu tiheästi asuttuun kaupunkirakenteeseen ja suuriin matkustajamääriin, ja

<sup>8</sup> Jyrki Rinta-Piirto (Strafica Oy). Espoon kaupunkirata: liikennöintiselvityksen ja hankearvioinnin päivitys 2016.

hanke vaikuttaa sen myötä myös tie- ja katuliikenteen sujuvuuteen. Vaihtoehto EPO on kaiken lisäksi lähes itse kannattava jopa subventoiduilla lähiliikenteen lipunhinnoilla laskettuna. Junatarjonnan lisäys ei tässä lyhemässä linjausvaihtoehdossa tule vielä erityisen kalliiksi nykyiseen liikennöintiin verrattuna. Tällä hankevaihtoehdolla on ehkä parhaat kannattavan kapasiteetin lisäämisen edellytykset. Toisaalta vaihtoehto KLH osoittaa, että lähijunapalvelujen tarjonnan laajentaminen nykyisestä lisää liikennöintikustannuksia merkittävästi.

*Taulukko 4. Espoon kaupunkiratahankkeen toimenpidevaihtoehtojen kannattavuus.*

Diskontatut kustannukset ja hyödyt (M€)	EPO	KLH
<b>KUSTANNUKSET (K)</b>		
Rakennuttaminen ja suunnittelu	35,7	45,8
Investointikustannus pl. rakenn. ja slu (MAKU2005 137) ml. lunastukset	168,5	199,4
Investointikustannus yhteensä (MAKU2005 137)	204,2	245,2
Investointikustannukset v. 2013 tasossa (MAKU 2005 136,6)	203,6	244,5
Korko rakentamisen ja suunnittelun ajalta (korkokanta 3,5 %)	22,4	26,9
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>226,0</b>	<b>271,4</b>
<b>HYÖDYT (H) diskontattuna korkokannalla 3,5 %</b>		
Väylänpitäjän kustannusmuutokset	-5,4	-7,6
Kunnossapitokustannukset	-5,4	-7,6
Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän muutos	-2,4	-49,0
Lipputulojen muutos	38,6	38,6
Liikennöintikustannusten muutos	-40,9	-87,6
Kuluttajan ylijäämän muutos	259,8	263,2
Nykyiset lähijunamatkustajat yhteensä	228,5	231,2
<i>Aikakustannussäästöt</i>	<i>209,2</i>	<i>181,3</i>
<i>Palvelutasohyödyt</i>	<i>19,3</i>	<i>49,9</i>
Siirtyvät ja uudet lähijunamatkustajat	12,3	12,9
Tieliikenteen aikakustannussäästöt	19,0	19,1
Onnettomuuskustannusten muutos	19,7	18,8
Tieliikenteen onnettomuudet	19,7	18,8
Päästökustannusten muutos	1,3	0,9
Junaliikenteen päästöt	-0,6	-0,9
Tieliikenteen päästöt	1,9	1,7
Melukustannusten muutos	-0,1	-0,1
Julkistaloudellisten verojen ja maksujen muutos	-4,8	-3,3
Henkilöjunien erityisverot ja maksut	1,8	2,5
Tieliikenteen polttoaine- ja arvonlisäverot	-10,4	-9,7
Arvonlisäverot joukkoliikenteen lipuista	3,9	3,9
Jäännösarvo 30 vuoden jälkeen	13,8	16,3
<b>HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	<b>282,0</b>	<b>239,1</b>
<b>HYÖTY-KUSTANNUSSUHDE (H/K) käyttöönottovuosi 2025</b>	<b>1,25</b>	<b>0,88</b>

### 3.1.5 Yhteenveto

Tarkasteltujen neljän kapasiteetti-investoinnin yhteensä 18 toimenpidevaihtoehdon (taulukko 5) joukossa kahden toimenpidevaihtoehdon kannattavuus ylittää kriittisen rajan (h/k-suhde on yli 1; Luumäki–Imatra Ve1 ja Espoon kaupunkirata EPO). Kaksi toimenpidevaihtoehtoa ovat lähes kannattavia (Riihimäki–Tampere Ve4 ja Espoon kaupunkirata KLH).

Pääasiassa hyödyt kertyvät nykyisten matkustajien matka-aikojen lyhenemisestä. Uusien tai siirtyvien matkustajien määrät ovat ehkä vaatimattomia. Toisaalta vaikutustarkastelun laskentasäännöt (etenkin ns. puolikkaan sääntö) vähentää siirtyvien matkustajien kokemien hyötyjen arvoa. Junamatkustamisen kilpailukyvyyn paraneminen ilmenee vaikutustarkastelussa varsin vähäisenä tekijänä. Itse asiassa vähenevän autonkäytön ulkoisvaikutusten väheneminen voi olla selvästi merkittävämpi tekijä kuin itse matkustamiseen liittyvän hyödyn lisäys. Voidaankin kysyä, paraneeko junamatkustamisen houkuttelevuus riittävästi ja tulisiko matka-aikojen lyhenemisen ja palvelutarjonnan paranemisen (vuorotarjonnan lisäyksen) olla merkittävämpää? Samalla voidaan kysyä, aliarvostetaanko palvelutarjonnan paranemista nykyisessä arviointikehikossa?

Eri hankkeissa junien kulun nopeutuminen ja/tai täsmällisyyden paraneminen saattaa kohdistua hieman epäsuhtaisesti eri liikennetyyppeihin (lähiliikenne, kaukojuna-liikenne ja tavarajunaliikenne). Hyötyjen kerryttämiselle olisi edullisinta se, että jokaisen toimenpiteiden vaikutuspiirissä olevan liikennetyypin kulkuaika nopeutuisi ja häiriöiden määrät vähenisivät.

Henkilöliikenteen liikennöintikustannukset lisääntyvät useissa tarkasteluissa enemmän kuin hankkeen aikaansaamat lipputulot. Markkinaehtoisessa liikenteessä tulos on ristiriitainen sen suhteen, että toteutuuko oletettu lisäliikenne oikeasti investoinnin jälkeen? Lähiliikenteessä oletetut junavuorot kustannetaan (lipputulojen suhteen tappiollisinakin) ostoliikenteen piirissä. Joka tapauksessa tuottajan ylijäämän vaje seuraa useimmiten siitä, ettei junamatkustamisen houkuttelevuus lisäännä riittävästi tai tavoitettavissa olevia matkustajia ei ole tarpeeksi hankkeen vaikutuspiirissä. Periaatteessa sellaisia hankkeita tai toimenpidevaihtoehtoja, joissa markkinaehtoisesti toimivan tuottajan talous on selvästi negatiivinen, ei voida viedä investointisuunnitelmiin. Lähiliikennettä palvelevien hankkeiden kattaus on palvelujen ostojen vuoksi toisenlainen, joskin siinäkin tapauksessa liikenteen ostamisessa tulisi pyrkiä mahdollisimman pieniin nettokustannuksiin (subventioiden tarpeeseen).

Liikennöintikustannusten muutosten laskentaa tulisi tutkia tarkemmin. Tällä hetkellä junavuorojen lisäysten oletetaan yleensä edellyttävän kalustokannan lisäämistä, eli liikennöintikustannukset lisääntyvät paitsi muuttuvina, myös kiinteinä kustannuksina (pääomakustannuksina). Periaatteessa on mahdollista, että lisäliikenne järjestyy olemassa olevan kalustokannan käytön tehostamisella eivätkä kaikki kapasiteettihankkeet välttämättä edellytä lisäkaluston hankintaa. Ratakapasiteettihankkeiden tulisi nimenomaan tehostaa rautatietaloutta. Liikenneviraston kapasiteettihankkeet eivät aina sisällä suurta määrää lisäliikennettä, vaan esimerkiksi olemassa olevaa aikataulua täydentäviä vuoroja. Tällöin hanke voi jopa alentaa liikennöinnin yksikkökustannuksia pääomakustannusten osalta. Kalustokannan kasvu on oletettavampaa merkittävän uuden liikennöinnin tapauksessa ja pidemmällä aikavälillä lisääntyvän matkustuskysynnän myötä. 30 vuoden laskenta-ajalle samanlaiseksi oletetut liiken-

nöinnin muutokset voivat olla liian jäykkä tapa tarkastelutapa. On siis mahdollista, että liikennöintikustannusten tarkasteluja tulisi tarkentaa tältäkin osin.

Tavaraliikenteeseen kohdistuvat vaikutukset ovat kaikissa hankkeissa aliarvostettuja siksi, että Liikennevirastolla ei ole menettelyä määrittää hyötyjä rahdin kulun nopeutumiselle, viiveiden vähenemiselle tai aiempaa parempien kulkuaikojen järjestymiselle. Vaikutukset lasketaan vain kaluston liikkumisen nopeutumisen ja kalustokierron uudelleen järjestelyn kautta junien liikennöintikustannusten alenemisena. Useimmissa hankkeissa tavarakuljetusten määrä ei juurikaan muutu lähtötilanteeseen nähden.

Useissa hankkeissa valtiontalouden kannalta negatiivinen lopputulos rasittaa investoinnin kannattavuutta. Nykyisten liikennepoliittisten linjausten mukaan kuitenkin suositetaan tieliikennettä vähentäviä toimenpiteitä. On ristiriitaista, että siitä seuraavat verotulojen vähenemät ovat estämässä investointien toteuttamista. Tämä ristiriita voimistuu sitä suuremmaksi, mitä houkuttelevammaksi junamatkustaminen muodostuu autoiluun verrattuna.

Käytännössä matkustajat käyttävät autoilusta pois siirtymisen myötä säästämänsä varat lisäkuluttamiseen (ja säästämiseen). Kulutuksen jakauma eri kulutushyödykkeiden ja palvelujen kesken ratkaisee kertymän suuruuden. Valtiolla voi kertyä korvaavia verotuloja uuden kuluttamisen kautta. Näin ollen verotulojen muutosten tarkastelua tulisi kehittää kohti nettomääräisen vaikutuksen laskentaa.

Taulukko 5. Välitäskykyä lisäävien esimerkkihankkeiden vertailu.

	Luumäki– Imatra– Imatrankoski (kaukoliikenne)	Pasila–Riihimäki (lähi- liikenne)	Riihimäki– Tampere (kauko- liikenne)	Espoon kaupunkirata (lähiliikenne)
Toimenpide- vaihtoehtojen kannattavuus (H/K)	Ve1: 1,31 Ve2a1: 0,49 Ve2A2: 0,60 Ve2A3: 0,65 Ve2B: 0,59 Ve3A: 0,41 Ve3B: 0,52	KePur: 0,03 KeJk: 0,43 HyRi: 0,40	Ve1: -0,01 Ve2: 0,04 Ve3: 0,08 Ve4: 0,88 Ve5: -0,39 Ve6: -0,89	EPO: 1,25 KLH: 0,88
Toimenpiteet	Lisää raiteita (eri pituuksin), nopeuden ja kantavuuden nostoja.	Lisää raiteita (neliraide, lisäraide; eri pituuksin).	Uusia ohituspaik- koja, uusia raiteita (eri pituuksin), nopeuden nostoja.	Koko väli kaksoisrai- teesta neliraiteeseen.
Henkilöjunien kulku	Kaukojunien kulkuajat lyhe- nevät 4–9 min.	Lähiliikenteen odotus- ajat lyhenevät. Kaukoju- nien viiveet vähenevät.	Ve1-Ve3 ei muu- toksia. Ve4-Ve6 kaukojunien no- peutus 4–11 min. Kaukojunien odo- tusajat lyhenevät. Ei vaikutuksia viiveisiin.	Tiheän vuorovälin lähi- junatarjonta laajenee. Kaukojunaliikenne no- peutuu (8 min). Odotus- ajat lyhenevät, vaihdot vähenevät.
Tavarajunien kulku	Lisäraiteet ly- hentävät ajoai- koja 4–17 min.	Ajoajat lyhenevät 3–14 min.	Ajoajat lyhenevät 0–13 min.	-
Junatarjonnan lisäys	Hanke ei lisää tarjontaa.	Lähijunatarjontaa lisään- tyy, kauko- ja tavana- junatarjontaa eivät.	Kaukojunatarjontaa lisääntyy. Lähi- ja tavarajunat eivät.	Merkittävä vuorotarjon- nan lisäys Espooseen / Kauklahteen.
Matkustajien houkuttelevuus	Matkustajia siirtyy linja- ja henkilöautoista juniin.	Lähijunamatkustus lisääntyy ja henkilö- autoilijoita siirtyy juniin.	Matkustajia siirtyy linja- (pääosin) ja henkilöautoista.	Lähijunamatkustus li- sääntyy siirtymin muus- ta joukkoliikenteestä ja henkilöautoista.
Kuluttajan yli- jäämä	Matka-aika- hyödyt kertyvät lähinnä nykyi- siltä matkusta- jilta.	Odotusaikahyödyt kertyvät lähinnä nykyi- siltä matkustajilta (KeJk, HyRi).	Matka-aikahyödyt kertyvät lähinnä nykyisiltä matkus- tajilta (Ve2–Ve6).	Matka- ja odotusaika- hyödyt kertyvät lähinnä nykyisiltä matkustajilta.
Henkilöliikenteen operoinnin talous	Kustannukset alenevat mer- kittävästi; tulos positiivinen.	Lähijunien liikennöinti- kustannukset lisäänty- vät enemmän kuin lipputulot.	Kaukojunien kus- tannukset lisäänty- vät; tulos nega- tiivinen, paitsi Ve4.	Lähijunien liikennöinti- kustannukset lisäänty- vät enemmän kuin lipputulot.
Tavaraliikenteen operoinnin talous	Kustannukset alenevat; tulos positiivinen.	Kustannukset alenevat hieman.	Kustannukset joko lisääntyvät tai vähenevät hieman.	-
Valtion vero- ja maksutulot	Tulot vähene- vät merkittä- västi.	Tulot lisääntyvät hieman (KeJk, HyRi).	Useimmissa vaih- toehdoissa tulot vähenevät hieman.	Tulot vähenevät hieman.



## 3.2 Tutkimuksia kapasiteetista ja myöhästymisten arvosta

Liikenneviraston selvityksessä on laadittu esimerkkiarviot siitä, kuinka paljon kapasiteettihankkeilla voitaisiin (oletuksiin perustuen) vähentää lähi- ja kaukojunaliikenteen myöhästymisiä ja mikä olisi niiden arvo.<sup>9</sup>

Espoon kaupunkiratahankkeessa oletettiin junien viivästysten vähenevän kapasiteettitoimenpiteiden myötä 10 sekunnilla per juna. Hankearvioinnin sisältämän matkustaja- ja liikenne-ennusteen ja matkaryhmien keskimääräisen aikasäästön arvon (arviointiohjeen mukaiset normiarvot) perusteella viivästysten poistaminen tuottaisi laskenta-ajalta nykyarvoltaan 8,5 milj. euron hyödyt (pääasiassa matkustajien aikasäästöjä, hieman myös henkilöjunien liikennöinnin pääoma- ja työvoimakustannussäästöjä).

Ylivieska–Oulu -välillä toteutettavat toimenpiteet (mm. kaksoisraiteet) vähentäisivät keskimääräisiä viiveitä 57 sekunnilla per juna. Matkustaja- ja liikenne-ennusteen sekä aikasäästön arvon oletuksilla arvioituna kapasiteettitoimenpiteet tuottaisivat laskenta-ajalta nykyarvoltaan 5,6 milj. euron hyödyt (pääasiassa matkustajien aikasäästöjä, mutta myös henkilö- ja tavarajunien liikennöinnin pääoma- ja työvoimakustannussäästöjä).

Arviossa viitataan siihen, että myöhästymisten arvottamiseen käytettävä ajan arvo voi olla perustellusti korkeampi kuin matka-aikojen lyhenemisen arvottamiseen käytettävä aikasäästön normiarvo. Sen nojalla kapasiteettihankkeilla saavutettavissa olevalla myöhästymisten vähenemisellä voi olla tässä esitettyä korkeampi arvo.

Liikenneviraston selvityksessä (Kalenoja ym. 2013) on saatu kansainvälistä empiriaa vastaavaa näyttöä myöhästymisten "haitta-arvosta", joka on suurempi kuin aikasäästön perusarvo. Myöhästymisen aiheuttama haitta on löydösten mukaan suurempi omalla ajalla matkustettaessa työajalla matkustamiseen verrattuna. Toisaalta pienet viivästyksset eivät vaikuttaneet nykyisiä matka-ajan säästöjä arvokkaammilta. Pitkillä viivästyksillä on suurempi arvo.

## 3.3 Kapasiteetin käytettävyyden ylläpitäminen

Lukuisat ratojen käyttötoimintaan, liikennöintiin ja kunnossapitoon liittyvät häiriötekijät voivat heikentää liikennöitsijöille myönnetyn kapasiteetin käytettävyyttä. Kapasiteetin käytettävyydestä huolehtiminen onkin osa kapasiteetinhallintaa. Ennakointimenettelyjen lisäksi kapasiteetinhallinnalle on asetettu myös taloudelliset kannustimet *suorituskannustinjärjestelmän* muodossa. Rautatiemarkkinadirektiivin (2012/34) 35 artikla toteaa seuraavaa (myös Suomen rautatielain 2015/1394 artikla 31):

---

<sup>9</sup> Konsultin tiedonanto Liikennevirastolle (Anton Goebel) – *Kapasiteettihankkeiden vaikutus myöhästymisten vähentämiseen* (Tuomo Lapp, Ramboll Finland Oy, 4.11.2018)

### *Suorituskannustinjärjestelmä*

*1. Infrastruktuurin hinnoittelujärjestelmien on kannustettava rautatie-yrityksiä ja rataverkon haltijaa minimoimaan häiriöt ja parantamaan rataverkon suorituskykyä suorituskannustinjärjestelmällä. Tähän järjestelmään saattaa sisältyä seuraamuksia verkon toiminnalle häiriötä tuottavista toimista, korvauksia häiriöistä kärsiville yrityksille ja palkintomaksuja ennakoitua paremmasta suorituskyvystä.*

Rataverkon suorituskyvystä huolehtiminen vähentää varakapasiteetin tarvetta ja lisää periaatteessa mahdollisuuksia pitää kapasiteetin käyttöaste korkeana.

Liikenneviraston suorituskannustinjärjestelmän (Rautateiden verkkoselostus 2019, luku 6.5; rautatiemarkkinadirektiivin liitteen VI kohta 2) puitteissa Liikennevirasto ja liikennöitsijät sopivat keskenään korvausmenettelyistä rataverkon (ratakapasiteetin) käytettävyyteen kohdistuvista häiriöistä aiheuttajatahon mukaisesti. Liikennevirasto on maksanut liikenteenharjoittajalle sanktioita 2,2–3,2 milj. euroa/vuosi. Liikenteenharjoittaja on maksanut Liikennevirastolle sanktioita 1,0–1,9 milj. euroa/vuosi.<sup>10</sup>

Periaatteessa kapasiteettihankkeet saattavat vähentää radanpitäjän vastuulla olevien häiriöiden aiheutumista. Sanktioiden väheneminen voitaisiin ehkä ottaa huomioon myös hankearvioinnissa. Tosin kapasiteettihankkeet voivat vaikuttaa vain osaan sanktioitavien häiriöiden syistä. Kapasiteetin lisääminen kuitenkin myös lieventää häiriöiden seuraamusvaikutuksia. Suorituskannustinjärjestelmän tapahtumaraporttien analyysillä olisi mahdollista ehkä arvioida kapasiteettihankkeiden vaikutusta häiriöiden määrään ja edelleen, mikä taloudellinen merkitys tällä voi olla. Häiriöiden seuraamusvaikutuksia olisi ehkä mahdollista arvottaa tapaustarkastelujen avulla.

Liikennevirasto ei peri erillistä kapasiteetin varausmaksua, jolla olisi mahdollista sanktioida varatun kapasiteetin käyttämättä jättämistä niin kuin rautatiemarkkinadirektiivi (artikla 36) mahdollistaa. Käyttämättä jätettyyn kapasiteettiin liittyvistä sanktioista on kuitenkin sovittu suorituskannustinjärjestelmässä. Liikennevirasto ei myöskään käytä ratamaksua (ratamaksun porrastuksia) ruuhkautuvien tai vähäliikenteisten rataosien kapasiteetin käytön ohjaamiseen.

## 3.4 Kulunvalvonnan uudistaminen

Liikennevirasto selvitti hiljattain, kuinka eurooppalaisella rautatieliikennealueella käyttöön otettava rautatieliikenteenhallintajärjestelmä ERMTS (European Rail Traffic Management System) ja junien kulunvalvontajärjestelmä ETCS (European Train Control System) vaikuttavat kapasiteettiin kaksiraiteisilla radoilla (Sorvoja ym. 2018).

Junien kulunvalvonta voidaan toteuttaa järjestelmissä pistemäisesti tai jatkuvatoimisesti. Laadittujen laskelmien perusteella jatkuvatoimisesta kulunvalvonnasta voidaan saada kapasiteettihyötyjä. Hyödyt ovat sitä suurempia, mitä homogeenisempaa liikenne on ja mitä pidempiä opastinvälit ovat. Hyötyjä kuitenkin rajoittaa rataosien se-

---

<sup>10</sup> Tietoja toimitti Juha Kröger (Liikennevirasto) toukokuussa 2018. Aiemmin käyttösopimusten nojalla liikennöitsijöille myönnettyjä kunnossapidon häiriökorvauksia on siirretty suorituskannustinjärjestelmän piiriin (Kristiina Hallikas 11.9.2018).



kaliikenne ja junien nopeuserot. Nopeuserot ovatkin kapasiteetin käyttöastetta määrittävä tekijä, eikä kulunvalvonnan malli vaikuta niinkään asiaan. Jatkuvatoimisen kulunvalvonnan taloudellisuus suhteessa kapasiteetin lisäykseen riippuu puolestaan tiedonsiirron kustannuksista.

Selvityksessä verrattiin kolmannen raiteen rakentamista ja jatkuvatoimisen kulunvalvonnan rakentamista kapasiteetin lisäämisen keinoina pääradan esimerkkikohteessa. Kulunvalvonnan ei nähty voivan korvata lisäinfrastruktuurin tarvetta odotettavissa olevaan kapasiteetin käytön lisääntymiseen nähden.

Selvityksen tulosten nojalla Suomen rataverkon pääasiallinen yksiraiteisuus ja sekaliikenne nopeuseroineen lähes kaikilla rataosilla rajoittavat kulunvalvonnan kehittämisellä saavutettavissa olevia kapasiteettihyötyjä. Kulunvalvonnan uudistuksilla ei voida korvata merkittävää kapasiteetin tarpeen lisääystä.

## 4 Kansainvälinen katsaus

### 4.1 Tuotantokapasiteettiin ja -kustannuksiin liittyvää teoriaa

Ratakapasiteetin taloudellisiin tarkasteluihin voidaan hakea perusteita tuotantokapasiteettiin ja tuotantokustannuksiin liittyvistä teorioista, joita on esitelty lukuisissa taloustieteen historian perusteoksiin nojaavissa lähteissä (nyt lähteenä on käytetty OECD 1997 ja Rothbard 2004). Teorioiden antia on arvioitava ymmärtäen niiden perustuvan taloudellisesti tehokkaan tuotantokapasiteetin määrittelyyn ja kapasiteettirajoitteiden arviointiin ominaisuuksiltaan erilaisten tuotantopanosten yhdistelmänä *yksityisen yritystoiminnan* piirissä. Tuolloin koko tuotantoprosessista ja eri tuotantopanosten käyttöpäätöksistä, esimerkiksi radanpidosta ja liikennöinnistä vastaa sama yritys. Tarkastelut eivät kuvaa Euroopan rautatiealan tyyppitapausta, jossa radanpidon ja liikennöinnin päätökset tapahtuvat eri yrityksissä. Edelleen, perinteiset teoriat eivät ota huomioon yhteiskuntataloudellisten vaikutusten merkitystä tuotantopanosten ja kapasiteetin käyttöasteesta päätettäessä.

Teorioissa käytetään joka tapauksessa rautateitä usein hyväksi esimerkkinä säätelyn kustannusvaikutuksista kun havainnollistetaan sitä, miten tuotantokustannukset muuttuvat ja kuinka tehokasta tuotannon tasoa haetaan, kun keskeisten tuotantopanosten määrän säätäminen on selvästi erilaista. Rautatiepalvelujen tuotannossa kaksi keskeistä tuotantopanosta on helppo määrittää (yleistäen) infrastruktuurina ja junien liikennöintinä. Yksinkertaistaen, jos ratakapasiteettia on vapaana, on liikennöintipanoksia joustavaa lisätä tuotosten lisäämiseksi ilman tarvetta panostaa radanpitoon. Junaliikennepalvelujen tuottamista voidaan lisätä pelkästään ”junapanoksia” lisäämällä ratakapasiteetin sallimaan rajaan saakka. Toisaalta taas junaliikennepalvelujen tuottamisen vähentyessä ei voida säästää radanpidon panoksissa. Jos junaliikennepalvelujen tuotantoa lisätään, samalla myös radanpidon keskimääräiset yksikkökustannukset alenevat lopputuotteiden tuotantovolyymin suhteen. Siitä pitää huolen toimialalle tyypilliset skaalaedut.

Jos ratakapasiteetti on täynnä ja lisäkapasiteetin tarve on olemassa (palvelumyynnin nähdään kasvavan) rataverkon kasvattamisesta seuraava kustannus on kertaluokkainen (yhdestä raiteesta kahteen raiteeseen) ja kustannus kohdistuu kaikkiin tuotusyksiköihin, ei pelkästään lisätuotantoyksiköihin. Rataverkko on tuotantopanoksena jakamaton (*indivisible*).

Tuotantoteorioiden tehokkuusehtojen mukaan (vain tuotantokustannuksia tarkastellen):

- Ratakapasiteettia tulisi hyödyntää mahdollisimman lähellä ylärajaa, koska tällöin radanpidon keskimääräiset yksikkökustannukset ovat skaalaetujen vuoksi alhaisimmat per tuotusyksikkö. Myös tuotannon kokonaiskustannukset (radanpito + junaliikennepalvelut) ovat tällöin oletettavasti yksikkökustannuksiltaan kapasiteettirajaan nähden alhaisimmat (ja rajakustannukset oletettavasti käyttäytyvät vastaavasti).
- Alikapasiteettitilassa keskimääräiset tuotantokustannukset eivät enää alene ja häiriöherkkä tila aiheuttaa erillisiä lisäkustannuksia.

- Jos ratakapasiteettia lisätään (toisella raiteella), tulisi sen ollakseen taloudellisesti järkevää, alentaa edelleen radanpidon ja/tai liikennöinnin yksikkökustannuksia niin, että tuotannon keskimääräiset kokonaiskustannukset alenevat. Junapalvelujen kysynnän ja tarjonnan tulisi siis kasvaa pian kohti seuraavaa kapasiteettirajaa.

On selvää, että teoria on äärimmilleen yksinkertaistava. Ratakapasiteettia on mahdollista lisätä myös kevyemmin toimenpitein (esimerkiksi lyhyin lisäraitein). Myös junaliikennepalvelujen tuotantokustannuksissa voivat jäykkiä ja sisältää kynnyksiä, joiden kustannusvaikutukset ovat yksikkökustannusten suhteen olennaisia. Teorioihin sisältyy kuitenkin tuotantokustannuksiin liittyvää olennaisen tärkeää taloudellista ajattelua, jota ei ole sisällytetty Liikenneviraston ratahankkeiden arviointiin. Tuotantotaloudellisen ajattelun tuomista hankearviointiin tulisi pohjustaa radanpidon kustannuksiin ja junien liikennöintikustannuksiin liittyvin lisäselvityksin.

Periaatteessa Livi voisi tarkastella hankearvioinneissa, kuinka radanpidon yksikkökustannukset muuttuvat junaliikennesuoritteiden määrään nähden, kun kapasiteettia lisätään eri keinoilla. Radanpidon yksikkökustannusten aleneminen olisi investointia puoltava hyöty, ja päinvastoin. Periaatteessa eri toimenpiteiden erilaisten radanpidon kustannusvaikutusten kautta voisi olla mahdollista ohjata kapasiteettitoimenpiteiden valintaa. Liikenneviraston tulisi kuitenkin luoda kokonaan uusi tarkastelukehikko, jossa voidaan arvioida, kuinka yksittäiset radanpidon hankkeet vaikuttavat koko radanpidon taloudelliseen tehokkuuteen. Vielä sen jälkeen olisi hyödyllistä tietää, tehostuuko palvelutuotantoketju myös liikennöinnin puolella kapasiteettihankkeiden myötä. Vasta sen jälkeen tiedetään kattava lopputulos kokonaistaloudellisesta tehostumisesta. Liikennevirasto ei kuitenkaan päättä junaliikennesuoritteiden määrästä, eli tuotoksista, joita radanpito palvelee. Liikennevirastolla ei myöskään ole riittäviä tietoja siitä, kuinka paljon junaliikennepalvelujen tuottamisen keskimääräiset yksikkökustannukset muuttuvat kapasiteettihankkeiden vaikutuksesta, eli voiko liikennöinnin talous tehostua. Nykyisin useimmissa (joskaan ei kaikissa) hankearvioinneissa junien liikennöintikustannusten on arvioitu lisääntyvän kapasiteetin lisäyksen myötä kokonaisuudessaan pääomakustannukset mukaan luettuna ilman, että arvioitaisiin olemassa olevan kaluston käytön tehostamisen mahdollisuuksia (ja siten yksikkökustannusten alenemista).

## 4.2 Empiirisiä tarkasteluja

### 4.2.1 Kapasiteetti-investoinnit rautateillä

#### Ruotsin valtakunnallinen kapasiteettisuunnitelma

Ruotsin Trafikverket laati vuonna 2011 koko rataverkon kapasiteetin kehittämissuunnitelman vuosille 2012–2021 (Trafikverket 2011). Taustalla oli hallituksen toimeksianto arvioida ratakapasiteetin tilaa ja kehittämistarpeita aina vuoteen 2050 saakka. Rataverkon kunnossapidon jälkeenjääneisyys ja kapasiteettipuutteet yhdessä junaliikenteen lisääntymisen ja junien painon, korkeuden ja pituuden lisääntymisen kanssa olivat lisänneet rataverkon häiriöherkkyyttä merkittävästi. Jos häiriöitä voidaan vähentää, voidaan ratakapasiteettia hyödyntää paremmin ja myöhästymiset vähenevät. Suunnitelman tavoitteena oli palauttaa rataverkon toimintavarmuus ja lisätä kapasiteettia pienin toimin. Ensimmäinen osasuunnitelma (2012–2021) rajautui täsmällisyys-, luotettavuus- ja kapasiteettipuutteiden tunnistamiseen ja kiireellisimpien toi-

menpiteiden (hoito, kunnossapito ja korvausinvestoinnit) määrittelyyn, mutta ei suurimuotoiseen uudisrakentamiseen.

Suunnitelmaa pohjustettiin rautateiden pitkän aikavälin kysyntäanalyysillä ja kapasiteetin riittävyyden (puutteiden) arvioinnilla tarkastellen rataverkkoa, kysyntää ja kapasiteettia tarkalla erittelyllä alueellisesti ja ratalinjoittain poikkileikkausajankohtina (nykytila, 2015 ja 2021). Toimenpiteitä määriteltiin neliporrasajattelun mukaan por-  
taiden 2–4 tasoilla. Neliporrasajattelussa

- ensisijaisesti vaikutetaan liikenteen kysyntään ja kulku- ja kuljetustapojen valintaan
- sen jälkeen toteutetaan toimenpiteitä, joilla tehostetaan olemassa olevan infrastruktuurin käyttöä
- kolmannella tasolla toteutetaan rajallisia rakentamistoimenpiteitä
- neljännellä tasolla toteutetaan uusinvestointeja.

Käytännössä suunnitelma muodostui rataverkon toimivuuden palauttamisen ja kapasiteetin lisäämisen toimenpideohjelmaksi, joka kytkettäisiin jo laadittuun valtakunnalliseen liikennejärjestelmäsuunnitelmaan.

Ohjelman sisältämille kunnossapito- ja korvausinvestointiresurssien kasvattamiselle laadittiin hyöty-kustannusarvio. Hyötyinä esitettiin junaliikenteen myöhästymisten väheneminen 15–20 prosentilla vuoteen 2021 mennessä. Lisäksi ehkäistään infrastruktuurin edelleen heikkenemisen aiheuttamien myöhästymisten lisääntyminen.

Hyödyt alkavat lisääntyä toimenpiteiden valmistumisen tahtiin vuodesta 2012 alkaen ja niiden arvoksi vuonna 2021 esitettiin 70 milj. euroa (700 milj. SEK vuoden 2006 hinnoissa). Pääosa hyödyistä kohdistuu henkilöliikenteen matkustajiin. Toimenpiteiden elinkaaren ja liikenne-ennusteen mukaan myöhästymisten vähenemisen vuoteen 2045 mennessä kumuloitua nykyarvo olisi 1,1 miljardia euroa (11,5 mrd. SEK vuoden 2006 hinnoissa).

Toisena hyötyeränä arvioitiin myöhästymisten lisääntymisen välttäminen (myöhästymiset, jotka aiheutuisivat, jos kunnossapidon ja korvausinvestointien aliresursointi jatkuu). Sen arvoksi arvioitiin 50 milj. euroa (500 milj. SEK) vuonna 2021 ja nykyarvona 800 milj. euroa (8,2 mrd. SEK).

Vuoden 2021 tilanteessa lisäpanostukset kunnossapitoon ja korvausinvestointeihin tuottaisivat yhteensä 120 milj. euron (1,2 mrd. SEK vuoden 2006 hinnoissa) hyödyt myöhästymisten vähenemisenä ja niiden lisääntymisen välttämisenä. Toimenpiteiden elinkaaren ajalta hyötyjen nykyarvoksi arvioitiin noin 2 mrd. euroa (20 mrd. SEK) ja kustannuksiksi (kunnossapito- ja korvausinvestointimenojen lisääminen) 1,7 mrd. euroa (17 mrd. SEK). Toimenpiteet olisivat siten yhteiskuntataloudellisesti kannattavia.

#### **Ruotsi – kapasiteetin lisääminen pienin toimenpitein**

Lindfeldt (2012) laati erilaisten lisäkapasiteettitoimenpiteiden tehokkuusvertailun aikataulumallinnustyökalua hyödyntäen. Lähtökohdaksi esitettiin Ruotsin rataverkon pääasiallinen yksiraiteisuus ja tarve lisätä kaksiraiteisia osuuksia liikenteen lisääntymisen vuoksi.

Rataosuudella voidaan edetä kohti kaksiraiteisuutta rakentamalla lisää ohitusraiteita ja lisää raiteenvaihtopaikkoja, pidentämällä ohitusraiteita ja rakentamalla kaksoisraideosuuksia. TVEM-mallilla (Timetable Variant Evaluation Model) laadittiin em. toimenpiteille 20 000–50 000 kappaletta vaihtoehtoisia aikatauluja. Simuloinneista havaittiin, että pienet toimenpiteet eivät merkittävästi lisänneet tarkasteltujen rataosuuksien kapasiteettia (junien lukumäärää) parhaaksi oletetuissa aikatauluissa. Tulokseen vaikuttivat tarkastellut ohitusraiteiden sijaintitiheydet. Etenkin pisimpiä välejä tulisi tulosten mukaan lyhentää merkittävästi kapasiteetin lisäämiseksi. Raiteenvaihtomahdollisuuksien lisääminen olemassa oleville ohitusraiteille ei lisännyt kapasiteettia.

Kuitenkin kaikki toimenpiteet lisäsivät aikataulun suunnittelemisen joustavuutta. Osittainen kaksoisraide lisää joustavuutta enemmän kuin kevyemmät toimenpiteet. Yksittäisten rataosien aikataulujoustavuus voi heijastua laajemmalle rataverkolla lisäten hyödynnettävissä olevaa kapasiteettia.

### **Yhdysvallat – Julkisen sektorin rooli ratakapasiteetin lisäämisessä**

Hunt (2005) tarkasteli Yhdysvaltojen tavararatojen kehittämisinvestointien tuottoja pyrkien perustelemaan (eurooppalaistyyppistä) julkisen vallan osallistumista investointeihin. Yhdysvalloissa rautatieliikenne (toisin kuin maantieliikenne) tapahtuu yksityisten yritysten omistamilla raiteilla ja samojen yritysten kalustolla. Liiketoiminnan tuottovaatimusten ehdoilla toimittaessa rataverkon ylläpito ja kehittäminen keskittyvät radoille, jotka tuottavat parhaiten. Heikommin tuottavat radat jäävät vähemmälle huomiolle investoinneissa ja niitä voidaan sulkea. Joka tapauksessa tuloksena on, että rataverkkoa hyödynnetään tehokkaasti ja lähellä kapasiteettirajoja. Tilanteen haittapuolena on se, että rautatiealalla ei ole pikaisia valmiuksia reagoida kuljetusten mahdolliseen kasvuun ja kuljetusten siirtymiin niin kuin liikennepolitiikka mahdollisesti edellyttää. Yhdysvalloissa infrastruktuurin kuljetuskapasiteettia tulisi lisätä ja sen toimintavarmuutta tulisi lisätä niin logistisista kuin esimerkiksi ympäristösyistä. Yksityinen sektori ei koe saavansa rataverkkoon panostamiseen kohdistuvilta investoinneilta sellaisia tuottoja, että kehittämistoimenpiteitä tehtäisiin siinä määrin kuin liikennejärjestelmän toimivuuden takaaminen edellyttää. Rautateiden kehittäminen ja lisäkapasiteetin luominen edellyttävät yksityisen sektorin ja julkisen vallan yhteistyötä.

### **Eurooppalaiset nopeat junaradat**

Nash (2010) esitti taloudellisen arvion muutamasta eurooppalaisesta nopeiden junayhteyksien verkostosta. Selvitys totesi espanjalaiset hankkeet raskaasti tappiollisiksi ja yhteiskuntataloudellisesti kannattamattomiksi. Ranskalaiset hankkeet ovat sen sijaan olleet suhteellisen tuottavia ja yhteiskuntataloudellisesti kannattavia (pois lukien tappiollinen Englannin kanaalin juna). Nash vetää havaintojaan yhteen, että nopeat rataverkot voivat toteutua menestyksekkäästi silloin, kun yhtä aikaa vallitsee rautatieyhteyksien lisäkapasiteetin tarve ja nopeisiin yhteyksiin kohdistuu merkittävästi matkustuskysyntää maksuhalukkuuden kera. Merkittävälle nopeuksien nostolle ei ole taloudellisia perusteita, elleivät matkustusmäärät ole suuria. Nash nosti esille kannattavuusarvioinneista usein puuttuvan tekijän, koko rataverkon houkuttelevuuden paranemisen myös varsinaisen nopean rataverkon ulkopuolella. Edelleen (tiheään asutussa Keski-Euroopassa) ruuhkien purkaminen maanteiltä ja lentoliikenteestä ovat varteenotettavia nopeiden junayhteyksien tuomia hyötyjä.

Kanafania ym. (2012) toteavat, että yleensä rautatieliikenteessä nopeusrajoitusten ylärajalla toimittaessa keskimääräiset toimintakustannukset ovat alhaisimmat (per nopeustasoluokka), mutta taloudellisesti optimaalinen nopeustasoluokka määräytyy kysynnän (kuluttajien maksuhalukkuuden) ja palvelujen tuotantokustannusten tasapainottamisen ehdoilla.

Dorciak (2015) teki laskennallisen hyöty-kustannusanalyysin nopeiden ratojen verkon kehittämisestä Saksassa. Laskelmassa muodostettiin nopeiden junayhteyksien muodostama matkustamisen kysyntäkäyrä ja vastaavasti rataverkon kehittämisen ja ylläpidon mukainen kustannuskäyrä. Junaliikennepalvelut oletettiin tarjottavan luonnollisena monopolina. Tavoitteena oli arvioida, kuinka paljon nopeiden yhteyksien tarjoaminen (ja suuri kapasiteetti) edellyttävät julkista tukea. Taustalla vaikutti havainto siitä, että junaliikenteen olemassaolo edellyttää yleensä yli 50 prosentin julkista rahoitusosuutta infrastruktuurissa. Tulosten mukaan nopeat junayhteydet lisäävät matkojen kysyntää niin, että julkisen tuen tarve alenee noin neljänneksellä. Nopeita junayhteyksiä (ja vastaavaa kapasiteettia) ei kuitenkaan voida tarjota markkinaehtoisesti ilman julkisia tukia.

#### 4.2.2 Liikenteenohjauksen merkitys

##### Iso-Britannia

Invesys (2007) tutki kustannustehokkaita menettelyjä ratakapasiteetin lisäämiseksi. Tulosten mukaan junien pidentäminen ja liikenteenohjaustekniikan kehittäminen ovat edullisimmat tavat lisätä ratakapasiteettia.<sup>11</sup> Korvausinvestoinnit ovat tehokkaampi menettely kuin uusien ratojen (raiteistojen) rakentaminen. Pitkämatkaisessa liikenteessä harvat junavuorovälit heikentävät kapasiteetin lisäämisen kustannustehokkuutta. Paikallisliikenteen (ja esimerkiksi metron) kapasiteetin lisääminen uusilla raiteistoilla on jopa korkeillakin toteutuskustannuksilla tiheään liikenteen ansiosta merkittävästi kustannustehokkaampaa kuin pitkämatkaisen liikenteen kapasiteetin lisääminen uusien raiteistojen rakentamalla. Selvitys suositti liikenteenohjauksen kehittämistä yhdessä junien pidentämisen kanssa kapasiteetin lisäämiseksi rataverkon tulevalle viisivuotisella valvontakaudella (2009–2014).

##### Sveitsi

Sveitsin rautatiejärjestelmä on teknisesti yksi Euroopan kehittyneimmistä. Päärataverkon hallinta ja liikennöinti toimivat edelleen yhden yhtiön (SBB) käsissä.<sup>12</sup> Esitelydokumentin (SBB 2017) mukaan 3 000 kilometrin päärataverkolla kulkee joka päivä 10 000 junaa, jotka kuljettavat päivittäin yli miljoona matkustajaa ja 200 000 tonnia rahtia. Liikennetiheyden odotetaan edelleen nousevan. SBB on Euroopan täsmällisin rautatieyrittäjä. SBB on panostanut merkittävästi ratakapasiteetin lisäämiseen älykäästä junaliikenteen ohjaus- ja kulunvalvontajärjestelmää kehittämällä. Sen avulla optimoidaan olemassa olevan rataverkon käyttö, välttämällä merkittäviä investointeja rataverkon laajentamiseen.

<sup>11</sup> Liikenteenohjauksen tekniikat ja nykyaikaisuus oletettavasti eroavat eri Euroopan maissa merkittävästi toisistaan. Yhtenäistämistä ja nykyaikaistamista haetaan muun muassa junien kulunvalvontaa ohjaavalla direktiivillä.

<sup>12</sup> Alueellisia linjoja ja liikennöitsijöitä on kuitenkin paljon, samoin kuin naapurimaista käsin toimivaa junaliikennettä ja kauttakulkuliikennettä.

#### 4.2.3 Kapasiteetin vaikutus matkustamisen laatuun

Joukkoliikennevälineen ruuhkautumisen merkitys matkan laadulle on katsottu eräissä maissa tieteellisesti todistetuksi niin, että ahtaissa oloissa matkustamiselle voidaan laskea matka-ajan arvoon kytkeytyvä haittakustannuslisä. Siten matkustusväljyyden lisääntyminen ja istumapaikan takaaminen voidaan arvottaa kapasiteetin kehittämisen hyötynä. Joukkoliikennevälineen ruuhkautuminen koskee kuitenkin enemmän paikallisliikennettä. Pitkämatkaisessa liikenteessä kulkuvälineeseen ei yleensä myydä lippuja istumapaikkojen määrää enempää. Toisaalta matkustusväljyyden empiiriset tarkastelut viittaavat siihen, että matkustusmukavuus heikkenee jo ennen kuin matkustajakapasiteetin täyttöaste nousee 100 prosenttiin.

Matkustajakapasiteettia on mahdollista lisätä kulkuvälineiden kokoa kasvattamalla (lisäyksiköt junassa, kaksikerroskalusto) ja edelleen vuoroja lisäämällä kapasiteettirajaan saakka. Mikäli kapasiteettia on tarpeen kasvattaa infrastruktuuria lisäämällä, on mahdollista, että se väljentää matkustusolosuhteita niin, että matkan laadun paranemiselle voidaan periaatteessa laskea arvo kapasiteettitoimenpiteen hyötynä.

Wardman & Whelan (2011) kävi läpi brittiläisiä ruuhkautumisen arvostuksia selvittäneitä tutkimuksia 20 vuoden ajalta. Istumapaikalla ja seisomapaikalla matkustavien ihmisten ruuhkautumiseen suhtautuminen yleistettiin matka-ajan suhteen ”haittaker-toimeksi” 1,19–2,32 riippuen mm. kulkutavasta ja ruuhkaisuuden asteesta.

Ruotsissa Björklund & Swärdh (2015) arvioivat, että ruuhkaisimmissa olosuhteissa (kahdeksan seisovaa matkustajaa neliometriä kohti) matka-ajan lyhenemisen arvo on 2,1 kertaa korkeampi suhteessa matka-aikasäästön normiarvoihin. Tulos koskee yleistään kaikkia paikallisen joukkoliikenteen kulkutapoja.

Esimerkiksi Batarce ym. (2016) määrittivät matka-ajan lyhenemisen arvon 2,5 kertaa suuremmaksi matkustettaessa seisomapaikalla (kuusi henkilöä neliometrillä) istumapaikalla matkustamiseen verrattuna. Tulokset koskevat paikallisliikenteen bussi-matkustamista.

#### 4.2.4 Aikataulusuunnittelun merkitys

Aikataulusuunnittelun systematiikan ja vaikutustarkastelun lisäämistä rataverkon kehittämisen hyöty-kustannusanalyysiin on tutkittu jonkin verran esimerkiksi Ruotsissa. Tarkastelukohteena ovat olleet paikallisliikenne tai paikallisliikenteen ja pitkämatkaisen junaliikenteen yhteensovittaminen runsaasti liikennöidyillä rataosilla. Lisäksi on tarkasteltu aikatauluhäiriöiden aiheuttamien junavuorojen peruuttamisten vaikutuksia. Huomioon on otettu myös markkinaehtoisien ja tuetun liikenteen erilaiset taloudelliset toimintaehdot. Tutkimuskenttä on kuitenkin tuore ja sen piirissä on lähinnä pyritty hahmottamaan tutkimusongelmaa ja määrittämään eri osapuolten kustannusfunktioihin kuuluvia tekijöitä sekä yhteiskuntataloudellista vaikutusta, joka seuraa aikataulujen muuttamisista tai niihin kohdistuvista häiriöistä.

Eliasson & Börjesson (2014) nostivat esille tarpeen kehittää sääntöjä rataverkon ja rautatieliikenteen kehittämissuunnitelmien yhteydessä laadittaville tulevaa liikennöintiä koskeville aikatauluoletuksille. Ilman yhteisiä pelisääntöjä keskenään kilpailevien hankkeiden aikatauluoletukset niiden mukaiset hankkeen vaikutukset eivät ole vertailukelpoisia. Edelleen, aikatauluoletuksiin voi sisältyä hankkeiden vaikutusten määrittymiseen liittyviä tarkoituksellisia pyrkimyksiä.



Svedberg ym. (2017) ovat määritelleet matkustajan kustannusfunktion muodostuvan matkalipun hinnasta ja muista matkan ei-rahallisista kustannuksista (ts. lähinnä matka-aikaan liittyvät tekijät). Liikennöitsijän kustannusfunktio muodostuu junien ope-  
 rointikustannuksista. Eri aikataulumallien yhteiskuntataloudellista paremmuutta ver-  
 rataan matkustajan kustannusfunktion kautta. Aikataulumalli, joka minimoi matkus-  
 tajan kustannukset, on paras. Mallinnusta ehdotetaan käytettävän aikatauluja koske-  
 van puitesopimuksen arviointiin ja määrittelemiseen. Aikataulumallin hyvinvointi-  
 vaikutuksia (matkustajan kustannusten minimointia) voidaan verrata vastaavan lii-  
 kenteen kaipaamaan yhteiskunnan tuen arvoon. Lähde esittää, että mallilla voidaan  
 hakea tasapainoa ratakapasiteetin hyödyntämistason ja junaliikenteen eri muotojen  
 (tuettu ja kaupallinen liikenne) välillä.

#### 4.2.5 Verkostovaikutus ja laajemmat taloudelliset vaikutukset

Verkostovaikutuksista (*network effect*) puhuttaessa viitataan ainakin kahteen eri  
 ilmiöön, joista toinen koskee rautatieliikenteen sisällä varsinaista investointikohdetta  
 laajemmalla tapahtuvia liikennöinnin ja matkustamisen muutoksia, ja toinen koskee  
 rautateihin investoimisen laajempia taloudellisia vaikutuksia.

Rautatiejärjestelmän sisällä verkostovaikutus tarkoittaa tietyssä kohtaa rataverkkoa  
 tapahtuvan liikennöinnin muutosten toisaalla, ehkä kaukanakin, aiheuttamia junien  
 kulun ja aikataulujen muutoksia. Yleensä lähteissä (esimerkiksi Hansen ym. 2006 se-  
 kä Landex & Nielsen 2007) asiaa tarkastellaan henkilöliikenteelle joko junien tasolla  
 kulkujärjestysten ja jonoutumisen (junien kulkuajan) muodossa. Vielä tärkeämpää  
 olisi tarkastella asiaa matkustajien tasolla junamatkustamisen houkuttelevuuden  
 muodossa, mutta lähteiden mukaan se on haastavaa. Mittarina voidaan käyttää  
 matkojen viivästyksiä optimiaikatauluun verrattuna. Yleensä verkostovaikutuksia  
 tarkastellaan osaverkoilla ja yhteysväleillä, kun taas koko verkon tarkastelut koetaan  
 liian vaikeiksi.

Nämä verkostovaikutukset voivat joko heikentää tai lisätä junamatkustamisen hou-  
 kuttelevuutta (tai olla sille indifferenttejä). Laskennallinen kapasiteetin lisäys ja ju-  
 nien kulun sujuvoituminen ei välttämättä tarkoita automaattista parannusta matkus-  
 tajien kannalta, kun huomioon otetaan aikataulutukseen kohdistuvat odotukset. Ver-  
 kostovaikutus on matkustajien kannalta suotuista silloin, kun matka-ajat lyhenevät ja  
 matkustusmahdollisuuksien tarjonta lisääntyy sellaisilla reiteillä ja matkustusajankoh-  
 tina, joihin kohdistuu kysyntää.

Toisiinsa liittyvien vaihtoyhteyksien tapauksessa, kuten myös junien kulun hierarkian  
 vuoksi, verkostovaikutus voi aiheuttaa myös aikataulujen heikkenemisen matkusta-  
 miselle mieluisien vuorokaudenaikojen suhteen arvioituna. Verkostovaikutus voi ai-  
 heuttaa konflikteja nopeiden ja hitaampien junien välille. Samaan suuntaan kulkevilla  
 junilla ohittamisen mahdollisuudet ovat kuitenkin usein rajalliset (myös kaksiraiteisil-  
 la rataosilla). Se lisää jonossa kulkemiseen kuluvaan aikaan (queuing time), estää kor-  
 keimpien nopeuksien käyttöä ja lisää junien kulkuaikoja. Matkustajien näkökulmasta  
 arvioituna joidenkin junatyypin ja -vuorojen aikataulut voivat heikentyä samalla  
 kuin toisten aikataulut paranevat.



Verkostovaikutusten tutkiminen varsinkin matkustamista eniten houkuttelevien aikataulujen näkökulmasta on työlästä. Se edellyttää aikataulumalleja koskevien oletusten tekemistä ja uskoa vastaavan matkustuskysynnän olemassaoloon. Niiden realistsuus toteutuvaan liikennöintiin nähden voi olla epävarma. Pelkästään junien kulkuajien optimointi ei vielä kerro verkostovaikutuksesta tarpeeksi sen hyödyllisyyden tai haitallisuuden arvioimiseksi. Edellisessä luvussa todettua toistaen, aikataulusuunnittelun systematisoinnilla ja verkostovaikutusten mallintamisella on silti periaatteessa mahdollista selvittää kapasiteetti-investoinneilla saavutettavaa rautatiejärjestelmän toimivuuden muutoksen laatua.

Liikennejärjestelmän kehittämisen laajempia taloudellisia vaikutuksia (*wider economic impacts*) on myös kutsuttu verkostovaikutuksiksi tai niitä pidetään verkostovaikutuksiin liittyvinä vaikutuksina (*transport/economy network effects*; mm. Laird ym 2005). Liikennejärjestelmän muutokset saavat aikaan saavutettavuuden muutoksia, joka käynnistää maankäytön muutoksia ja sen kautta muun muassa tuotannon, kaupankäynnin, hintojen, työvoimamarkkinoiden, palkkojen ja asumiseen liittyvien kustannusten muutoksia. Liikennejärjestelmäinvestoinneilla voidaan vaikuttaa talouden kulkuun merkittävästikin.

Esimerkiksi ratainvestointien tapauksessa voidaan kysyä, tulisiko näitä laajempia taloudellisia vaikutuksia laskea ja ottaa huomioon hankkeiden kannattavuusarvioinneissa? Yksinkertainen vastaus siihen voi kulminoitua saavutettavuuden muutokseen. Jos merkittäviä saavutettavuuden muutoksia on läsnä, on vaikutusten tarkastelu ehkä perusteltua, mutta muutoin ei. Vaikutusten laskennassa haastavaksi ja tieteellisen keskustelun aiheeksi on noussut se, että koska nykyisen kannattavuusarvioinnin mukainen välittömien liikenteellisten vaikutusten tarkastelu kertoo jo talousprosessin kustannusten muutoksista, niin johtaako sen seurannaisvaikutusten tarkasteleminen hankkeen taloudellisten vaikutusten kahdenkertaiseen tarkasteluun. Edelleen, näyttö siitä, että johtaako suuri liikenneinfrastruktuuri-investointi aina talousjärjestelmää tehostavaan kysynnän ja tarjonnan (resurssien, tuotosten ja hintojen) ”uudelleenjärjestäytymiseen” on epäselvä. Myöskään tehostumisen mittaamista ei ole ratkaistu. Tieteellistä konsensusta aiheesta ei ole vielä saavutettu, ja siksi laajempien taloudellisten vaikutusten tarkastelua ei ole vielä liitetty useimpien maiden kannattavuuslaskennan ohjeistukseen.<sup>13</sup>

#### 4.2.6 Kapasiteetin hinnoittelu

Taloustieteelle tyypillisen katsannon mukaan kysyntää on mahdollista ohjata hinnoittelulla. Siten esimerkiksi ruuhkautuvien rataosien käyttöajankohtia olisi mahdollista jakaa maksuilla niin, että asiakastarpeiden (maksuhalukkuuden) mukaan aikataulullisesti joustamattomat kuljetukset toteutuvat ylimääräistä ratamaksua vastaan ruuhkaisempina ajankohtina ja joustavammat kuljetukset siirtyisivät alhaisemmin maksuin tai ilman erillistä maksua kapasiteetin alhaisemman käyttöasteen ajankohtiin tai jopa vaihtoehtoisille reiteille. Kapasiteetin kysynnän hinnoittelu voidaan nähdä vaihtoehtoisena tai täydentävänä keinona kapasiteetin myöntämiselle hakemuksiin kirjatun perustelujen puntaroiden.

<sup>13</sup> Liikenneviraston selvitykset on esitetty lähteissä Laakso ym. (2016) ja Laakso & Metsäranta (2017).

Kapasiteetin hinnoitteluun on kuitenkin suhtauduttu eurooppalaisten rataverkon haltijoiden piirissä jossain määrin pidättäytyen. Jotkut rataverkon haltijat hinnoittelevat ruuhkautuvaa kapasiteettia, toiset taas luottavat edelleen priorisointikriteereihin. Ruotsin ratamaksujärjestelmän reittimaksu ohjaa kyllä kapasiteetin käyttöä jossain määrin, mutta varsinaiseen anottavan kapasiteetin hinnoitteluun ei ole edetty. Westin (2017) toteaa tuoreessa arviossa, että vaikka teoriassa hinnoittelu voi tehostaa kapasiteetin käyttöä, ovat tehostumisvaikutukset vaikeasti mitattavissa. Junien kulun tärkeysjärjestys kyetään määrittämään nykyisin laadullisin arviointikriteerein. Hinnoittelulla voitaisiin ehkä välttää kapasiteetin myöntämiseen liittyvää taustatietojen hankintaa (yritys- ja kuljetustietoja) ja niiden puntarointia, mutta toisaalta hinnoittelu-prosessi tuo mukanaan myös uusia tehtäviä (hinnan määrittäminen ja kauppaaminen sekä senkin jälkeen tasapuolisuuden valvonta ja tehokkuuden arviointi). Hinnoitteluun voi liittyä epävarmuuksia lopputuloksen optimaalisuudesta, ja sen myötä voi syntyä uudenlaisia konflikteja rataverkon haltijan ja liikennöitsijöiden välille sekä liikennöitsijöiden kesken. Kapasiteetin hinnoittelulla ei voitane synnyttää merkittävästi uusia tuloja rataverkon haltijalle siksi, että rautatiekuljetuksista suuri osa on kustannusherkkää ja korkeat maksut voivat johtaa kuljetusten siirtymiseen pois rautateiltä (ja maksutulojen saamatta jäämiseen).

## 4.3 Ohjeistukset ja laskelmat

### 4.3.1 Laskenta-aika, diskonttokorko ja korotustekijä

Hankearviointien laadintatavat ovat useissa Euroopan maissa pääpiirteiltään varsin yhtenevät, mutta yleisissä laskentaparametreissa voi olla eroja, joilla on merkitystä hankearviointien tuloksille. Kaksi merkityksellistä tekijää ovat hankkeiden laskenta-aika ja eräiden arvostuserien arvon korottamiseen laskenta-aikana käytetty kerroin.

Liikenneviraston hankearvioinnit tehdään (kaikilla infrastruktuureilla) yleensä 30 vuoden laskenta-ajalle. Nyt vertailun vuoksi nostetaan esille ruotsalainen ohjeistus, jossa sallitaan vaikutusten tarkastelu ”enintään 60 vuoden ajalle” (Trafikverket 2018a), ja brittiläinen ohjeistus, joka toteaa samaa (Department for Transport 2017a ja 2017b). Ruotsalaisista esimerkkilaskelmista nähdään, että ainakin suuria ratahankkeita arvioidaan 40 vuoden laskenta-ajalla.

Laskenta-ajan pituuden kasvattaminen 30 vuodesta esimerkiksi 40 vuoteen kerryttäisi jonkin verran enemmän hankkeen mahdollisia hyötyvaikutuksia. Toisaalta diskonttauksen vuoksi vaikutustarkastelun loppupään hyötyjen arvo on pieni. Laskenta-ajan pidentäminen kuitenkin vaikuttaisi myös investointikustannusten perusteella määrytyvään hyötyeränä tarkasteltavaan jäännösarvoon ehkä jopa nolaten sen.

Yleisemmin, alhainen diskonttokorko kerryttää nykyarvoltaan suuremmat hyötyvaikutukset kuin korkeampi diskonttokorko. Viime vuosien yleiseen korkotasoon nähden Liikenneviraston hankearvioinneissa käytetty diskonttokorko (3,5 %) on ehkä liian suuri.<sup>14</sup> Toisaalta vertailumaissa se on kutakuinkin samaa tasoa. Korkojen odotetaan myös jälleen nousevan tulevina vuosina.

<sup>14</sup> Koron osatekijöistä toinen, valtion pitkäaikaisen lainanoton keskikorko (Valtiokonttorin tuottovaatimus) on ollut selvästi alhaisempi kuin tässä yhteydessä aiemmin määritetty 1,5 %.

Aika-, onnettomuus-, päästö- ja melukustannusten yksikköarvojen korottaminen Liikenneviraston laskelmissa vaikutustarkastelun laskentajaksolla 1,125 prosentilla per vuosi on hieman alhaisempi kuin vertailumaissa Ruotsissa (Trafikverket 2018a; erilaisia arvotuseriä käsitellään seikkaperäisesti räätälöidyin korotuskertoimin) ja Iso-Britanniassa (Department for Transport 2017a). Suurempi korotuskerroin kerryttää hankkeiden laskenta-ajalta (joka sekin on pidempi) enemmän hyötyjä kuin Liikenneviraston laskelmissa.

#### 4.3.2 Vaikutustekijät ja niiden arvo

Vertailumaiden hankearviointikehikoissa on mukana vaikutustekijöitä ja arvostusmenettelyjä, joita ei sisälly Liikenneviraston ratakankkeiden arviointikehikkoon. Näiden tekijöiden sisällyttämisellä Liikenneviraston laskelmiin voisi olla ratakapasiteettihankkeiden kannattavuutta parantava vaikutus.

##### Trafikverket

Ruotsin rataverkon haltija tarkastelee infrastruktuuri-investointien ja -toimenpiteiden vaikutuksia matkaketjuun ja matkan laatuun jonkin verran kattavammin kuin Liikennevirasto (Trafikverket 2018b ja 2018c). Matka-aikojen muutoksia tarkastellaan ehkä laajemmin ottaen huomioon junamatkaa edeltävät ja jälkeiset liityntämatkat, odotusajat, vaihtoajat ja vuorotiheys. Matkustusmukavuuden muutoksia otetaan huomioon matkustajakapasiteetin täyttöasteen ehdoilla niin, että matkustusväljyyden lisääntyminen ja ahtaissa oloissa matkustamisen nopeutuminen tuottaa lisähyötyjä ”tavanomaiseen” aikasäästöön nähden. Viivästymisten vähenemiselle ja matka-aikojen luotettavuuden paranemiselle lasketaan arvo ja arvottamisessa otetaan vielä huomiioon vältettyjen haittojen korkeampi arvo matka-aikojen lyhenemisen arvoon nähden. Yleistäen, kertoimena käytetään lukua 3,5.

##### Department for Transport

Iso-Britannian ratakankkeita koskevassa arviointiohjeessa otetaan huomioon ainakin matka-aikojen viivästykset (niiden vähentäminen) korotuskertoimin (Department for Transport 2017b). Edelleen huomioon otetaan muun muassa kulkuvälineen ruuhkaisuuden muutokset, vaihdot, kaluston laatu ja asemien laatu. Osa tekijöistä saatetaan ottaa huomioon liikennemallinnuksessa, ei välttämättä enää hyöty-kustannuslaskelmassa.

## 4.4 Ruotsalaisia kannattavuusarviointeja

##### Tukholma/Göteborg/Malmö nopea junarata

Ruotsissa on arvioitu suurimmat kaupungit (13 kpl) yhdistävien nopeiden henkilöliikenteen junarataverkon (750 km uusia tai parannettuja ratoja) rakentamisen kannattavuutta useaan otteeseen. Eri arvioinneissa ratojen enimmäisnopeustaso ja sen myötä investointikustannukset ja liikenteelliset vaikutukset ovat vaihdelleet. Nykyiset ratayhteydet kyseisillä yhteysväleillä vapauttaisivat kapasiteettia tavaraliikenteen ja hitaamman henkilöliikenteen käyttöön.

Viimeisimmän 250 km/h nopeustasolle tehdyn ja vaikutustarkastelultaan täydenne-  
tyn<sup>15</sup> arvion mukaan noin 35 miljardin euron<sup>16</sup> investointi olisi hyötyihin nähden erit-  
tään kannattamaton hanke (taulukko 6). Tulos on heikko siitä huolimatta, että matka-  
aikojen lyheneminen olisi merkittävä ja se lisäisi junamatkustamista paljon. Edelleen,  
arvioinneissa oletetaan vapautuvan ratakapasiteetin lisäävän rautatiekuljetuksia pal-  
jon.<sup>17</sup>

Arvion johtopäätöksissä todetaan suoraviivaisesti, että vaikka rautateille muutos olisi  
merkittävä, olisivat matkustamisen ja kuljetusten muutokset kuitenkin liikennejärjes-  
telmän tasolla rajallisia. Henkilöliikenteessä rautateiden markkinaosuus nousisi 13  
prosentista 15 prosenttiin henkilökilometreillä mitattuna. Tavarakuljetuksissa rauta-  
teiden markkinaosuus nousisi 18 prosentista 21 prosenttiin tonnikilometreillä mitat-  
tuna. Johtopäätöksissä todetaan lopuksi, että hankkeen kannattavuus edellyttäisi ra-  
kentamiskustannusten alentamista 70 prosentilla ja ratojen tulisi houkutella matkus-  
tamisen lisääntymisestä huolimatta neljä kertaa enemmän uusia matkustajia (Tra-  
fikverket 2018d).<sup>18</sup>

Kannattavuusarvioinnissa huomionarvoista on se, että ruotsalaisessa arviointi-  
kehikossa lipputulosten lisäys on merkittävästi ylijäämäinen liikennöintikustannusten  
nouluun verrattuna. Edelleen, tavaraliikenteelle kyetään laskemaan merkittävän suu-  
ruiset hyödyt (rahdin kulun nopeutuminen ja rahtikustannusten aleneminen).

---

<sup>15</sup> Aiempiin arviointeihin nähden mukaan on otettu myöhästymisten vähenemisen arvo ja ulkomaille mat-  
kustamiseen kohdistuvat vaikutukset.

<sup>16</sup> Kustannusarvio pitää sisällään rakentamisen välilliset verovaikutukset kertoimella 1,3.

<sup>17</sup> Laskelma on tehty 60 vuoden laskenta-ajalle diskonttorolla 3,5 %. Henkilöliikenne kasvaa 1,6 %/v  
vuoteen 2040 saakka, ja sen jälkeen 0,9 %/v vuoteen 2060 saakka. Tavaraliikenteen kasvaa 2,0 %/v vuo-  
teen 2040 saakka, sitten 1,36 %/v vuoteen 2060 saakka. Vuoden 2060 jälkeen henkilö- ja tavaraliikenteen  
kasvu on 0 %.

<sup>18</sup> Vastaava tarkastelu on tehty myös 320 km/h nopeustasolla Trafikverket (2018e). Investoinnin kannatta-  
vuuden tunnusluvut ovat samaa luokkaa kuin alemmalla nopeustasolla.

Taulukko 6. Ruotsin nopeiden junaratojen investoinnin kannattavuus (Trafikverket 2018d).

Samhällsekonomisk effekt	Nuvärde, mil- joner kronor	Persontrafik	Godstrafik
Investeringskostnad			
- Höghastighetsbanor enligt Sverigeförhandlingen	-361 900		
Drift och underhåll infrastruktur			
- Underhåll	-50 200		
- Reinvesteringar	-30 800		
- Drift	-1 300		
Effekter för trafikföretag			
- Biljettintäkter	66 100	66 100	
- Trafikeringskostnader	-15 600	-15 600	
Effekter för resenärer och godskunder			
- Restid och reskostnad; resenärer	93 000	93 000	
- Transporttid och transportkostnad godskunder	26 400	0	26 400
Budgeteffekter			
- Drivmedelsskatt	-25 800	-5 700	-20 100
- Banavgifter	8 400	2 000	6 500
- Moms	4 000	4 000	
- Externa effekter			
- Luftföroreningar o klimatgaser	7 400	2 700	4 700
- Trafikolyckor	4 400	1 700	2 700
- Marginellt infrastrukturslitage	-6 300	-1 800	-4 600
- Buller	10 500	10 500	
SUMMA EFFEKTER	90 000		
NETTORESULTAT	-271 900		
NNK	-0,75		

### Norrbotnia-rata

Ruotsissa on suunniteltu itärannikolla Uumajasta Luulajaan kulkevan Norrbotnia-radan kehittämistä pidemmän aikaa. Investointien kannattavuutta on arvioitu useaan otteeseen. Erilaiset tulokset (taulukko 7; WSP 2016) johtuvat muun muassa rakentamiskustannusten eroista, laskentaohjeessa tapahtuneista muutoksista (mm. ajan arvo, matkaketjun vaiheiden ja matkustamisen laadun huomioon ottaminen ja arvostukset) ja erilaisista liikenne-ennusteista ja siirtyvän liikenteen oletuksista. Esitetyssä aiemmassa laskelmassa laskenta-aika oli 40 vuotta kun taas uudemmassa laskelmasa se on 60 vuotta.

Aiemman arvion mukaan investointi arvioitiin niukasti kannattavaksi. Tuoreen arvion mukaan selvästi suuremmista hyödyistä huolimatta hanke osoittautuu kannattamattomaksi. Syynä ovat aiempaa yli kaksi kertaa korkeammiksi arvioidut investointikustannukset, joka seurasi suurelta osin investointikustannusten laskentatapaan tehdystä muutoksista.

Vaikutusten tarkasteluista huomionarvoisia eriä ovat lipputulojen ja liikennöintikustannusten ylijäämäinen suhde, rahtiliikenteen kustannusten selvä aleneminen, rahdin aikahyödyt sekä henkilöliikenteessä matkustusmukavuuden paranemisen arvo.

Taulukko 7. Norrbotnia-ratainvestoinnin kannattavuus (WSP 2016).

Miljoner kronor (SEK)	ÅP2009	WSP2015
Metod	BVH 706 ÅP	ASEK 5.2
Prisnivå	2010	2010
Producentöverskott	711	2 780
- Biljettintäkter	2 713	5 154
- Fordonskostnader kollektivtrafik	-1 603	-1 721
- Moms på biljettintäkter	-154	-292
- Banavgifter	-246	-361
Konsumentöverskott	16 247	27 502
- Reskostnader	-9	10
- Restider	9 224	20 063
- Vägavgifter/vägsnitt	0	0
- Komfort	802	1 460
- Förseningar - resenärer	1 445	
- Transportkostnader - gods	4 273	5 012
- Transporttid - gods	351	958
- Förseningar - gods	161	
Budgeteffekter	-2 833	-1 413
- Drivmedelsskatt vägtrafik	-2 919	-1 068
- Vägavgifter/vägsnitt	0	0
- Moms på biljettintäkter	154	292
- Banavgifter	131	361
- Budgeteffekter godstrafiken	-	-1 000
Externa effekter	3 620	2 558
- Persontrafik	1 033	1 045
- Luftföroreningar o klimatgaser	791	685
- Trafikolyckor	357	681
- Marginellt slitage	-114	-321
- Godstrafik	2 356	1 513
- Luftföroreningar o klimatgaser	1 016	885
- Trafikolyckor	216	222
- Marginellt slitage	849	406
- Buller	275	
- Korsningar väg och järnväg	231	
Övriga effekter ökad leveranssäkerhet	321	
Drift och Underhåll	-227	-461
Reinvesteringar	1 182	1 027
Investeringskostnad	18 799	43 582
Summa nyttor	19 021	31 993
Summa kostnader	18 799	43 582
Nettonuvärde	222	-11 590
NNK	0,01	-0,27

## 5 Esimerkkilaskelmat

### 5.1 Tavoitteet

Työssä laadittiin laskennallisia tapaustarkasteluja, joilla tutkittiin kapasiteettihankkeiden kannattavuuden kannalta keskeisten tekijöiden merkitystä eri olosuhteissa: mitkä tekijät ovat kriittisiä kannattavuudelle ja miten hankkeiden kannattavuus muuttuu, jos rautatiepalvelujen kysynnästä ja kapasiteettihankkeiden vaikutuksista tehdään toisenlaisia oletuksia ja ehkä kehittyneempää tarkastelua kuin tällä hetkellä.

Esimerkkilaskelmat ovat kuvitteellisia, mutta ne perustuvat realistisiin olosuhteisiin. Esimerkkitarkasteluja muodostettaessa on otettu huomioon yhteysvälien Pasila–Riihimäki, Riihimäki–Tampere, Luumäki–Imatra ja Helsinki–Turku aikaisemmat kannattavuustarkastelut.

Esimerkkitapauksia on kolme; kaksi erilaista pitkän yhteysvälin hanketta (kaukojuna-liikenne 1 ja kaukojuna-liikenne 2) ja yksi lähiliikenteen hanke (lähijuna-liikenne). Edelleen, jokaisessa esimerkkilaskelmassa havainnollistetaan kolmea eri tapaa laskea hankkeen vaikutuksia toisin kuin nykyisin (tarkastelut a, b ja c). Kaksi tarkastelua (a ja b) lisää laskelmaan kumpikin joitain erilaisia uusia tarkastelutekijöitä ja kolmas laskelma (c) lisää laskelmaan kaikki uudet yksityiskohdat. Jokaista kehitettyä laskelmaa verrataan nykyisen ohjeistetun mukaisiin tuloksiin.

Kolmen perusesimerkkilaskelman lisäksi viimeisenä on esitetty teoreettinen tarkastelu rata- ja matkustajakapasiteetin loppumisesta, joka ohjaisi matkustuskysyntää vaihtoehdoille yksityisesti ja yhteiskuntataloudellisesti epäedullisemmille kulkutavoille.

Esimerkkilaskelmien avulla pyritään tarkastelemaan mm. seuraavia tekijöitä:

- Matkustuskysynnän määrä ja sen kehitys kapasiteetiltaan kahdessa erilaisessa lähtökohta-asetelmassa
  - Kohtaamispaikkojen toteuttaminen yksiraiteisilla osuuksilla
  - Ohitusraideosuuksien toteuttaminen kaksiraiteisilla osuuksilla
- Vertailutilanteen ”piilevä kysyntä”, joka näkyy hankevaihtoehdossa liikenteen siirtymänä esim. tieliikenteestä (vertailutilanteen matkustajien on oletettu pääsääntöisesti mahtuvan myös vertailutilanteessa juniin, eli matkustajakapasiteetti ei aseta rajoitteita junamatkojen toteutumiselle lukuun ottamatta viimeisenä esitettyä teoreettista tarkastelua rata- ja matkustajakapasiteetin loppumisesta)
- Maankäytön kehityksen vaikutus (uusrakentamisen keskittäminen asemaseuduille / uusien asemaseutujen luominen)
- Matka-aikojen nopeutuminen vrt. junatarjonnan lisääminen
- Liikenteen järjestämistavan vaikutus (yhteiskuntatalous vrt. operaattorin talous)
- Vaikutustarkastelun laskenta-arvojen variointi (vaikutukset matkaketjuissa), kuten:
  - häiriötilanteet; korotetut aikasäästön arvot
  - laatu- ja palvelutasotekijät; mm. liikkumisen helppous, vuorotiheys
- Tavaraliikenteen hyötyjen arviointi; rahdin kulkuajan arvo, viiveet



Tarkastelut on laadittu ajatuksella, että kapasiteettihankkeiden tulisi (ainakin periaatteessa) synnyttää tiettyjä vaikutuksia. Henkilöliikenteessä matka-aikojen tulisi lyhentyä selvästi ja palvelutason tulisi parantua (vuorotarjonta lisääntyy) ja näiden myötä junamatkustamisen houkuttelevuus ja matkustuskysyntä lisääntyvät enemmän kuin ilman toimenpiteitä. Lisäksi nykyisten yhteiskuntapoliittisten raideliikennettä suosivien painotusten mukaan asunto- ja toimitilarakentamisen asemaseuduilla tulisi tiivistyä lisäten junamatkustamista. Tavaraliikenteen toimintaolosuhteiden tulisi samalla parantua, henkilöliikenteen muutoksista huolimatta, muun muassa rahdin kulun nopeutumisen ja täsmällisyyden paranemisen muodossa.

Esimerkkilaskelmissa ei ole otettu kantaan investointikustannuksen suuruuteen eikä esimerkeille ole laskettu h/k-suhteita, sillä tavoitteena on kuvata vaikutustarkastelun kehittämistä.

## 5.2 Vaikutustarkastelun muutokset

### 5.2.1 Ajan arvo häiriötilanteissa

Liikenneviraston nykyisessä laskentaohjeessa ei ole korotettuja ajan arvoja häiriötilanteissa aiheutuville ajan menetyksille ja niiden vähentämiselle. Häiriöt ja myöhästymiset voivat vähentyä kapasiteettihankkeen myötä, ja näistä aikahyödyistä koetaan kansainvälisen empirian nojalla suurempi hyöty kuin varsinaisten ennakoitujen matka-aikojen lyhenemisestä.

Esimerkkitarkasteluissa matka-aikavaikutukset on arvotettu Liikenneviraston nykyisen laskentatapaohjeen mukaisesti sekä ns. "kehitettyllä laskentatavalla", jossa on sovellettu ruotsalaista häiriöiden arvottamisen periaatetta. Sen mukaan henkilömatkojen *myöhästymisten* vähentyessä junamatkan ajalta, se arvotetaan korottamalla matka-aikasäästön yksikköarvoa kertoimella 3,5 matkan pituudesta ja tarkoituksesta riippumatta (Trafikverket 2018c).

### 5.2.2 Vuorotarjonnan tiheys

Liikenneviraston nykyisen laskentaohjeen mukaan odotusaikana kaupunkimaisessa liikenteessä voidaan pitää 30 prosenttia vuorovälistä ja kaukoliikenteessä 16 prosenttia vuorovälistä. Tämän lisäksi odotusajalla on aikavastaavuuskerroin eli odotusajan paino 1,5.

Esimerkkilaskelmien "kehitettyssä laskentatavassa" sovelletaan ruotsalaista tapaa arvottaa vuorotarjontaa. Arvottaminen tapahtuu kertomalla vuoroväliä vuorotarjonnan tiheydestä riippuvalla kertoimella, jossa voidaan ajatella yhdistyvän odotusajan laskukaavan ja odotusajan paino samaan tekijään. Laskenta on seuraavan kaltaista (Trafikverket 2018b mukaan):

- Mikäli vuoroväli valtakunnallisessa liikenteessä on esimerkiksi alle 60 min, on vuorovälin paino ruotsalaisessa laskelmassa 0,41. Täten esim. 30 min vuoroväli vastaa laskelmassa  $30 \times 0,41 = 12,3$  min matka-aikaa. Mikäli vuoroväli tihenee 10 minuuttiin, on vuorovälin vastaavuus tässä tilanteessa  $10 \times 0,41 = 4,1$  min, joten "matka-aikahyöty" tihenemisestä on  $12,3 - 4,1 = 8,2$  minuuttia.



### 5.2.3 Tavaraliikenteen rahdin kulkuajan arvo

Liikenneviraston nykyisen laskentaohjeen mukaan rahdin kulkuajan muutoksia ei erikseen arvoteta, vaan tavaraliikenteen vaikutukset arvotetaan pelkästään junien liikennöintikustannusten muutosten perusteella. Esimerkkilaskelmien ”kehitettyssä laskentatavassa” sovelletaan kuljetuksen nopeutumisen eli rautatierahdin aikasäästön arvona 0,10 euroa/tonnitunti (alv 0 %) kaikille tavaralajeille. Lisäksi rahdin myöhästymiseen liittyvien vaikutusten osalta arvoa korotetaan kertoimella 3,5. Yksikköarvo ja korotuskerroin perustuvat ruotsalaiseen nykyasetukseen (Trafikverket 2018b ja 2018c). Yksikköarvo on määritetty sikäläisen tavaraliikennemallin tarkastelemien tavaralajien pääomakustannuksiin (tavaraan sitoutuneen pääoman korko keskimäärin eri tavaralajeille).

Vaihtoehtona pohdittiin hyödyntää valmistumassa olleen selvityksen (Ramboll Finland Oy) mukaisia suomalaisten yritysten maksuhalukkuuteen perustuvia tuloksia, joiden mukaan rautatierahdin aikasäästön arvo olisi hyvin alhainen, 0,04 euroa/tonnitunti. Tuloksia ei ole vielä arvioitu tämän selvityksen ajankohdalla kriittisesti, eikä päätöstä laatia niiden pohjalta hankearvioinnin ohjearvoa ei ole tehty. Nyt oletetaan, että tavaralla on aina vähintään pääomakustannusten mukainen ”ajan arvo”, ja sitä voidaan käyttää kuljetusaikojen muutosten arvottamisessa. Kuljetuspalvelun muutosten arvottaminen rahdin kulkuajien suhteen voi olla erillinen logistisen ketjun arvo-tekijä: Näitä seikkoja on syytä selvittää vielä lisää. Pääomakustannuksiin perustuva rahdin aikasäästön arvo soveltuu nyt riittävän hyvin tämän selvityksen havainnollistaviin tarkasteluihin.

### 5.2.4 Maankäytön kehitys

Asumiseen, vähittäiskauppaan ja toimistotiloja tarvitseviin toimialoihin liittyvän maankäytön odotetaan kehittyvän tulevaisuudessa yhä enemmän raideliikenteeseen tukeutuen. Sen myötä junamatkustamisen määrä voi lisääntyä enemmän kuin nykyisellä yhdyskuntarakenteella. Esimerkkilaskelmiin on lisätty asemaseutujen rakentamista kuvaava tekijä, joka lisää junamatkustamista.

## 5.3 Esimerkkilaskelmat

### 5.3.1 Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 1

Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 1 kuvaa yksiraiteista rataosuutta, kuten Helsinki–Turku. Esimerkkilanteen vertailuvaihtoehdon kuvaus on seuraava:

- Matkustajamäärä 1,1 milj./a ja ennakoitu kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2030 on 10 %
- Matkustajamäärät ajoneuvoliikenteessä 6,0 milj./a
- Junatarjonta 30 junaa / vrk ja junatarjonnan kehitys vuodesta 2018 vuoteen 2030 mennessä on 2 lisäjunaa / vrk
- Tavaraliikenne 1,0 milj. tn/a ja ennakoitu kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2030 on 5 %

Rataosalle toteutetaan kohtaamispaikkainvestointi, jolla oletetaan olevan vaikutusta junatarjonnan määrään ja kulkuajoihin. Esimerkkilaskelmasta on laadittu kaksi alavaihtoehtoa, joista a)-alavaihtoehdot kuvaavat nopeuttavaa ratahanketta, b)-ala-

vaihtoehtot tarjontaa lisäävää ratahanketta. Lisäksi on laskettu c)-alavaihtoehto, jossa on mukana merkittävämpi tulos a)- ja b)-alavaihtoehtojen vaikutuksista.

Investoinnin vaikutusten on oletettu olevan seuraavan kaltaisia:

- Henkilöjunatarjonta, joka vaikuttaa operointikustannuksiin ja palvelutasohyötyihin
  - a) pysyy ennallaan
  - b) kasvaa vuoteen 2030 mennessä 3 lisäjunalla / vrk (matkan pituus 200 km, kesto 1,5 h)
- Henkilöliikenteen matka-aika, joka vaikuttaa matka-aikahyötyihin
  - a) lyhenee 10 min
  - b) pysyy ennallaan
- Tavarajunaliikenteen kulku, joka vaikuttaa liikennöintikustannuksiin ja aikahyötyihin
  - a) nopeutuu 10 min
  - b) nopeutuu 5 min
- Liikennehäiriöistä palautuminen / luotettavuus, joka vaikuttaa aika- ja palvelutasohyötyihin
  - a) parantuu merkittävästi (keskimäärin 0,6 minuuttia / vuorokausi)
  - b) ei merkittävää muutosta
- Maankäyttö, joka vaikuttaa uusien matkustajien määrään
  - a) ei muutosta
  - b) 1 000 lisäasukasta yksittäisellä asemanseudulla (86 000 uutta matkaa / a)
- Matkustajamäärät lipputulot, kulkutapa- ja ulkoisvaikutukset
  - o kasvavat vuoteen 2030 mennessä 5 %
  - o kasvavat vuoteen 2030 mennessä 2 %
- Laskelmassa on mukana vaikutukset tieliikenteeseen, kuten ulkoisvaikutukset, jotka johtuvat liikenteen siirtymistä (tieliikenteen keskimatkaoletus 150 km, keskikuorma 1,2 matkustajaa / ajoneuvo)

Taulukossa 8 on esitetty esimerkitapauksen hyötyerät Liikenneviraston nykyisen laskentatapaohjeen sekä ”kehitetyn laskentatavan” mukaan tarkasteluna rinnakkain. Keltaisella on korostettu eri tekijöiden keskeisimmät muutokset.

Laskelmasta havaitaan, matka-aikojen lyhentäminen (nopeutus) tuottaa odotusten mukaisesti hyötyjä selvästi enemmän kuin kapasiteetin mahdollistama pelkkä lisätarjonta. Tämä asettaa vääjäämättä nopeutukset kapasiteettihankkeiden tavoitteistoon.

Raideliikenteen käyttöä lisäävän maankäytön merkitys voi olla erityisen suuri ja jopa käänteentekevä niin henkilöliikenteen tuottajan ylijäämälle kuin koko investoinnin hyötyjen kertymälle. Se voi muuttaa rautateiden asemaa liikennemarkkinoilla jopa käänteen tekevästi vähentäen hankkeita usein vaivaavan ”vähäväkisyiden” haasteita. Esimerkkilaskelma pyrkii kuitenkin havainnollistamaan vain kokonaan uuden maankäytön mahdollisia vaikutuksia, ei niinkään lipputulojen kasvun absoluuttista määrää.

Matkustamisen laatua parantavien tekijöiden, häiriöiden väheneminen ja etenkin odotusaikojen lyheneminen, arvottaminen nykyistä painokkaammin lisäävät hankkeen hyötyjä etenkin yhdessä toteutuessaan merkityksellisessä määrin, joskaan niiden painoarvo ei ole erityisen suuri. Tavaraliikenteen aikahyötyjen sisällyttäminen laskelmaan vaikuttaa samoin. Näiden tekijöiden sisällyttäminen laskelmiin on kuitenkin perusteltua kansainvälisten käytäntöjen ja empirian nojalla.

Tulokset havainnollistavat sitä, että kapasiteettihankkeilta tulisi odottaa henkilöliikenteessä sekä matka-aikojen nopeutusta että palvelutason paranemista ja laatu-tekijöille tulisi antaa nykyistä merkittävämpi arvo. Sen ohella, jos merkittävien ratayhteyksien kapasiteettihankkeisiin kytkeytyy kokonaan uutta raideliikenteeseen tukeutuvaa määrätietoista maankäyttöä matkustuskysynnän lisäämiseksi, voivat ratahankkeen hyödyt lisääntyvä selvästi. Tavaraliikenteen laatu-tekijöiden merkitys tulisi myös ottaa jatkossa huomioon.

Siirtyviin ja uusiin matkustajiin liittyvät hyödyt (ilman maankäytön tuomia matkustajia) ovat nykylaskelmille tyypillisesti edelleen vaatimattomat varsinkin matkustajien oman kokemuksen perusteella arvioituna. Heidän osaltaan ulkoisten kustannusten väheneminen on merkittävämpi tekijä hankkeen kannattavuudelle kuin itse junan käyttö. On kuitenkin syytä huomata, että lipputulosten lisääntyminen ilmentää laskelmassa siirtyvän liikenteen hyötyä.

Taulukko 8. Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 1.

HYÖDYT (H) 30 vuodelta						
	Kaukojunaliikenne 1a		Kaukojunaliikenne 1b		Kaukojunaliikenne 1c	
	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"
<b>Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämä, M€</b>	23,9	23,9	36,2	36,2	50,5	50,5
Operointikustannukset	0	0	-9,69	-9,69	-9,69	-9,69
Lipputulot	23,85	23,85	9,54	9,54	23,85	23,85
Lipputulot maankäytöstä	0	0	36,35	36,35	36,35	36,35
<b>Kuluttajan ylijäämä, M€</b>	42,6	42,8	1,8	3,1	44,4	45,9
<b>Nykyiset matkustajat yhteensä</b>	41,58	41,79	1,72	2,94	43,30	44,74
Aikakustannussäästöt	41,50	41,50	0,0	0,0	41,50	41,50
Häiriöiden vähenemisen hyödyt	0,09	0,30	0,0	0,0	0,09	0,30
Odotusaika/vuorovälihyödyt	0	0	1,72	2,94	1,72	2,94
<b>Siirtyvät ja uudet matkustajat yhteensä</b>	0,99	0,99	0,08	0,13	1,07	1,13
Aikakustannussäästöt	0,98	0,98	0,0	0,0	0,98	0,98
Häiriöiden vähenemisen hyödyt	0,00	0,01	0,0	0,0	0,00	0,01
Odotusaika/vuorovälihyödyt	0	0	0,08	0,13	0,08	0,13
<b>Tavaraliikenteen hyödyt, M€</b>	0,8	1,2	0,4	0,6	0,8	1,2
Operointikustannukset	0,80	0,80	0,40	0,40	0,80	0,80
Aikakustannussäästöt		0,38		0,19		0,38
Häiriöiden vähenemisen hyödyt		0,04		0,00		0,04
<b>Ulkoiset kustannukset, M€</b>	12,6	12,6	5,0	5,0	12,6	12,6
Päästökustannukset	1,56	1,56	0,62	0,62	1,56	1,56
Onnettomuuskustannukset	11,03	11,03	4,41	4,41	11,03	11,03
<b>Verot, M€</b>	-8,8	-8,8	-3,5	-3,5	-8,8	-8,8
<b>HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	71,0	71,6	39,9	41,4	99,5	101,4

### 5.3.2 Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 2

Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 2 kuvaa kaksiraiteista rataosuutta, kuten Helsinki–Tampere. Esimerkkitilanteen vertailuvaihtoehdon kuvaus on seuraava:

- Matkustajamäärä 4,0 milj./a ja ennakoitu kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2030 on 15 %
- Matkustajamäärät ajoneuvoliikenteessä 10,0 milj./a
- Junatarjontaa 45 junaa / vrk ja junatarjonnan kehitys vuodesta 2018 vuoteen 2030 mennessä 5 lisäjunaa / vrk
- Tavaraliikenne 3,0 milj. tn/a ja ennakoitu kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2030 on 10 %

Rataosalle toteutetaan ohitusraideinvestointi, jonka oletetaan olevan vaikutusta junatarjonnan määrään ja kulku-aikoihin. Esimerkkilaskelmasta on laadittu kaksi alavaihtoehtoa, joista a)-alavaihtoehdot kuvaavat nopeuttavaa ratahanketta, b)-alavaihtoehdot tarjontaa lisäävää ratahanketta. Lisäksi on laskettu c)-alavaihtoehto, jossa on mukana merkittävämpi tulos a)- ja b)- alavaihtoehtojen vaikutuksista.

Investoinnin vaikutusten on oletettu olevan seuraavan kaltaisia:

- Henkilöjunatarjonta, joka vaikuttaa operointikustannuksiin ja palvelutasohyötyihin
  - a) pysyy ennallaan
  - b) kasvaa vuoteen 2030 mennessä 5 lisäjunalla / vrk (matkan pituus 200 km, kesto 1,5 h)
- Henkilöliikenteen matka-aika, joka vaikuttaa matka-aikahyötyihin
  - a) lyhenee 15 min
  - b) pysyy ennallaan
- Tavarajunaliikenteen kulku, joka vaikuttaa liikennöintikustannuksiin ja aika-hyötyihin
  - a) nopeutuu 10 min
  - b) nopeutuu 5 min
- Liikennehäiriöistä palautuminen / luotettavuus, joka vaikuttaa aika- ja palvelutasohyötyihin
  - a) parantuu merkittävästi (keskimäärin 0,6 minuuttia / vuorokausi)
  - b) ei merkittävää muutosta
- Maankäyttö, joka vaikuttaa uusien matkustajien määrään
  - a) ei muutosta
  - b) 2 000 lisäasukasta yksittäisellä asemanseudulla (173 000 uutta matkaa / a)
- Matkustajamäärät lipputulot, kulkutapa- ja ulkoisvaikutukset
  - a) kasvavat vuoteen 2030 mennessä 10 %
  - b) kasvavat vuoteen 2030 mennessä 5 %
- Laskelmassa on mukana vaikutukset tieliikenteeseen, kuten ulkoisvaikutukset, jotka johtuvat liikenteen siirtymistä (tieliikenteen keskimatkaoletus 150 km, keskikuorma 1,2 matkustajaa / ajoneuvo)

Taulukossa 9 on esitetty esimerkkitapauksen hyötyeriä Liikenneviraston nykyisen laskentatapaohjeen sekä ”kehitetyn laskentatavan” mukaan tarkasteluna rinnakkain. Keltaisella on korostettu eri tekijöiden keskeisimmät muutokset.



Laskelmasta havaitaan edellisen esimerkin kanssa yhdenmukaisesti (joskin suurempien matkustajavolyymien suhteessa) se, että matka-aikojen nopeutuksen tulisi sisältyä kapasiteettihankkeiden tavoitteistoon. Raideliikenteen käyttöä lisäävän maankäytön merkitys ilmenee jälleen merkittävänä tekijänä, joskin tämän laskelman tehtävänä on havainnollistaa ilmiötä, ei niinkään kuvata muutosten mahdollisia suuruuksia. Matkustamisen laadun paranemisen, etenkin odotusaikojen lyhenemisen, merkitys kasvaa runsaan matkustajamäärän yhteysvälillä selvästi.

Tulokset havainnollistavat jälleen sitä, että kapasiteettihankkeilta tulisi odottaa henkilöliikenteessä sekä matka-aikojen nopeutumista että palvelutason paranemista ja laatutekijöille tulisi antaa nykyistä merkittävämpi arvo. Edelleen, kapasiteettihankkeisiin tulisi kytkeytyä raideliikenteeseen tukeutuvaa maankäyttöä matkustuskysynnän lisäämiseksi.

Siirtyviin ja uusiin matkustajiin liittyvät itse junamatkustamisen hyödyt (ilman maankäytön tuomia matkustajia) ovat tämän laskelman asetelmassa hieman arvokkaammat kuin edellisessä esimerkissä. Ulkoisen kustannusten väheneminen on sen sijaan merkittävää. Toisaalta valtion verotulojen väheneminen heikentää aiempien kokemusten mukaisesti hankkeen kannattavuutta selvästi.

Taulukko 9. Kaukojunaliikenteen esimerkkilaskelma 2.

HYÖDYT (H) 30 vuodelta	Kaukojunaliikenne 2a		Kaukojunaliikenne 2b		Kaukojunaliikenne 2c	
	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"
<b>Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämä, M€</b>	181,4	181,4	114,9	114,9	205,6	205,6
Operointikustannukset	0	0	-48,43	-48,43	-48,43	-48,43
Lipputulot	181,37	181,37	90,68	90,68	181,37	181,37
Lipputulot maankäytöstä	0	0	72,70	72,70	72,70	72,70
<b>Kuluttajan ylijäämä, M€</b>	247,6	248,1	13,2	22,5	260,7	270,6
<b>Nykyiset matkustajat yhteensä</b>	236,32	236,86	12,63	21,57	248,95	258,43
<i>Aikakustannussäästöt</i>	236,10	236,10	0,0	0,0	236,10	236,10
<i>Häiriöiden vähenemisen hyödyt</i>	0,22	0,76	0,0	0,0	0,22	0,76
<i>Odotusaika/vuorovälihyödyt</i>	0	0	12,63	21,57	12,63	21,57
<b>Siirtyvät ja uudet matkustajat yhteensä</b>	11,24	11,27	0,54	0,93	11,78	12,19
<i>Aikakustannussäästöt</i>	11,23	11,23	0,0	0,0	11,23	11,23
<i>Häiriöiden vähenemisen hyödyt</i>	0,01	0,04	0,0	0,0	0,01	0,04
<i>Odotusaika/vuorovälihyödyt</i>	0	0	0,54	0,93	0,54	0,93
<b>Tavaraliikenteen hyödyt, M€</b>	2,5	3,7	1,2	1,8	2,5	3,7
Operointikustannukset	2,50	2,50	1,25	1,25	2,50	2,50
Aikakustannussäästöt		1,20		0,60		1,20
Häiriöiden vähenemisen hyödyt		0,04		0,00		0,04
<b>Ulkoiset kustannukset, M€</b>	95,8	95,8	47,9	47,9	95,8	95,8
Päästökustannukset	11,87	11,87	5,94	5,94	11,87	11,87
Onnettomuuskustannukset	83,89	83,89	41,95	41,95	83,89	83,89
<b>Verot, M€</b>	-67,1	-67,1	-33,5	-33,5	-67,1	-67,1
<b>HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	460,1	461,9	143,7	153,6	497,5	508,7

### 5.3.3 Lähijunaliikenteen esimerkkilaskelma

Lähijunaliikenteen esimerkkilaskelma kuvaa rataosuutta, jolla kulkee runsaasti lähijunaliikennettä, kuten Helsinki–Riihimäki. Tämän lisäksi rataosalla voisi kulkea kauko- ja tavarajunaliikennettä, mutta tässä on esitetty vain lähijunaliikenteeseen kohdistuvat vaikutukset.

Esimerkkitilanteen vertailuvaihtoehdon kuvaus on seuraava:

- Matkustajamäärä 6,0 milj./a ja ennakoitu kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2030 on 20 %
- Matkustajamäärät ajoneuvoliikenteessä 18,0 milj./a
- Junatarjonta 65 junaa / vrk ja junatarjonnan kehitys vuodesta 2018 vuoteen 2030 mennessä 10 lisäjunaa / vrk

Rataosalle toteutetaan ohitusraideinvestointi, jonka oletetaan olevan vaikutusta junatarjonnan määrää ja kulkuaikoihin. Esimerkkilaskelmasta on laadittu kaksi alavaihtoehtoa, joista a)-alavaihtoehto kuvaavat nopeuttavaa ratahanketta, b)-alavaihtoehto tarjontaa lisäävää ratahanketta. Lisäksi on laskettu c)-alavaihtoehto, jossa on mukana merkittävä tulos a)- ja b)- alavaihtoehtojen vaikutuksista.

Investoinnin vaikutusten on oletettu olevan seuraavan kaltaisia:

- Henkilöjunatarjonta, joka vaikuttaa operointikustannuksiin ja palvelutasohyötyihin
  - pysyy ennallaan
  - kasvaa vuoteen 2030 mennessä 10 lisäjunalla / vrk (matkan pituus 70 km, kesto 1 h)
- Henkilöliikenteen matka-aika, joka vaikuttaa matka-aikahyötyihin
  - a) lyhenee 5 min
  - b) pysyy ennallaan
- Liikennehäiriöistä palautuminen / luotettavuus, joka vaikuttaa aika- ja palvelutasohyötyihin
  - a) parantuu merkittävästi (keskimäärin 0,6 minuuttia / vuorokausi)
  - b) ei merkittävää muutosta
- Maankäyttö, joka vaikuttaa uusien matkustajien määrään
  - a) ei muutosta
  - b) 10 000 lisäasukasta yksittäisellä asemanseudulla (864 000 uutta matkaa / a)
- Matkustajamäärät lipputulot, kulkutapa- ja ulkoisvaikutukset
  - kasvavat vuoteen 2030 mennessä 10 %
  - kasvavat vuoteen 2030 mennessä 5 %
- Laskelmassa on mukana vaikutukset tieliikenteeseen, kuten ulkoisvaikutukset, jotka johtuvat liikenteen siirtymistä (tieliikenteen keskimatkaoletus 50 km, keskikuorma 1,15 matkustajaa / ajoneuvo)

Taulukossa 10 on esitetty esimerkkitapauksen hyötyeriä Liikenneviraston nykyisen laskentatapaohjeen sekä ”kehitetyn laskentatavan” mukaan tarkasteluna rinnakkain. Keltaisella on korostettu eri tekijöiden keskeisimmät muutokset.

Tulokset ovat samankaltaiset kuin kaukojunaliikenne-esimerkeissä (kuitenkin ilman tavaraliikenteen vaikutuksia). Maankäyttövaikutuksilla voi olla suuri hyötyjä lisäävä merkitys. Lähijunaliikenteen kehittämiseen tulisi liittyä asemanseutujen maankäytön tehostaminen. Maankäytön kasvulla voi olla erittäin suuri vaikutus hankkeen kannattavuuteen erityisesti lipputulojen lisäyksen ansiosta. Laskelmassa huomioitavan

maankäytön kasvun tulee kuitenkin olla sellaista, jonka toteutuminen johtuu nimenomaan hankkeesta, eli vaatii hankkeen tuottaman paremman palvelutason toteutuakseen. Edelleen, myös erilaisilla painotuksilla odotusten lyhenemiselle ja häiriöiden vähenemiselle saadaan nykyistä suurempi merkitys.

Lähijunaliikenteen hankkeissa lipputulojen lisäys on usein pienempi kuin operointikustannusten kasvu. Tämä johtuu siitä, että kaupunkimaisessa liikenteessä on tyypillisesti halukkuutta tarjota palvelutasosyistä liikennettä myös vähäisen kysynnän aikoihin. Tämän lisäksi lähijunaliikenteessä käytetään paljon kausilippuja, joiden tuottama lipputulo matkaa kohden on pieni. Tällöin liikenne on harvoin itsekannattavaa.

Taulukko 10. Lähijunaliikenteen esimerkkilaskelma.

HYÖDYT (H) 30 vuodelta	Lähijunaliikenne a		Lähijunaliikenne b		Lähijunaliikenne c	
	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"
Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämä, M€	38,9	38,9	30,5	30,5	50,0	50,0
Operointikustannukset	0	0	-38,75	-38,75	-38,75	-38,75
Lipputulot	38,92	38,92	19,46	19,46	38,92	38,92
Lipputulot maankäytöstä	0	0	49,83	49,83	49,83	49,83
Kuluttajan ylijäämä, M€	129,0	129,6	34,8	42,5	163,8	172,1
Nykyiset matkustajat yhteensä	123,16	123,73	32,05	39,17	155,21	162,89
Aikakustannussäästöt	122,94	122,94	0,0	0,0	122,94	122,94
Häiriöiden vähenemisen hyödyt	0,23	0,79	0,0	0,0	0,23	0,79
Odotusaika/vuorovälihyödyt	0	0	32,05	39,17	32,05	39,17
Siirtyvät ja uudet matkustajat yhteensä	5,87	5,90	2,71	3,31	8,58	9,21
Aikakustannussäästöt	5,86	5,86	0,0	0,0	5,86	5,86
Häiriöiden vähenemisen hyödyt	0,01	0,04	0,0	0,0	0,01	0,04
Odotusaika/vuorovälihyödyt	0	0	2,71	3,31	2,71	3,31
Ulkoiset kustannukset, M€	52,1	52,1	26,1	26,1	52,1	52,1
Päästökustannukset	6,46	6,46	3,23	3,23	6,46	6,46
Onnettomuuskustannukset	45,67	45,67	22,84	22,84	45,67	45,67
Verot, M€	-36,5	-36,5	-18,3	-18,3	-36,5	-36,5
HYÖDYT YHTEENSÄ	183,6	184,2	73,1	80,8	229,4	237,7

#### 5.3.4 Teoreettinen tarkastelu rata- ja matkustajakapasiteetin loppumisesta

Rata- ja matkustajakapasiteetin loppuminen voi periaatteessa johtaa junamatkustamisen kysynnän ohjautumiseen tieliikenteeseen, joko linja-autoihin tai henkilöautoihin, tai jopa lentoliikenteeseen. Vaihtoehtoiseen kulkutapaan siirtyminen lisäisi matkustamisen ulkoisia kustannuksia, se saattaisi ruuhkauttaa muita liikenneverkkoja ja se saattaisi olla matkustajalle myös kalliimpaa kuin junan käyttö. Tällaiset merkittävät kapasiteettivajeen aikaan saamat matkustuskysynnän purkautumiset vaihtoehtoisille kulkutavoille aiheuttaisivat hankearvioinnin tarkasteluissa vertailuvaihdolle mahdollisesti merkittäviä lisäkustannuksia.

Kuvattu tilanne on kuitenkin Suomen olosuhteissa tällä hetkellä teoreettinen. Valtion rataverkolla ei ole ollut tilanteita, jossa merkittävä määrä henkilöliikenteen junatarjontaa jäisi toteutumatta ja merkittävä määrä junamatkoja jäisi tekemättä siksi, että rata- ja matkustajakapasiteettia on liian vähän tarjolla. Operaattorin pyytämä kapasiteetti on pääsääntöisesti voitu aina tarjota eri yhteysväleillä. Tilanteet, joissa matkus-

tajapaikkaa ei hetkellisesti ole saatavilla, johtuvat operaattorin tekemistä liikennöinnin tai junakaluston käytön valinnoista (vuorojen määrä, junan pituus, kaksikerroskalusto) tai yksittäisistä hetkellisen ylikysynnän tilanteista.<sup>19</sup>

Tämän luvun esimerkkilaskelma kuvaa teoreettista tilannetta, jossa vuoro- ja paikkatarjontaa ei kyetä lisäämään ilman raideinvestointia. Matkustajakapasiteetti loppuu tällöin kesken ja matkustuskysyntä purkautuu nimenomaisesti henkilöautoliikenteeseen. Pitkään vallinneissa olosuhteissa vaihtoehtoisen kulkutavan käyttö on ylikorostunut ja kapasiteetti-investointi voi siirtää merkittävästi matkustajia juniin. Käytännössä tällainen tilanne voisi tulla eteen kaupunkiseudun sisäisessä lähijunaliikenteessä, jossa liikennöitäisiin täyspitkillä junilla maksimitiheydellä, mutta ei todennäköisesti kaukojunaliikenteessä ainakaan lähitulevaisuudessa. Pidemmällä aikavälillä näin voi ehkä käydä, mikäli kaukojunamatkustamisen suosio kasvaa merkittävästi.

Esimerkkitilanteen vertailuvaihtoehdon kuvaus on seuraava:

- Matkustajamäärä on 6,0 milj./a ja ennakoitu kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2030 on 20 %
- Matkustajamäärät ajoneuvoliikenteessä ovat 18,0 milj./a
- Junatarjonta 65 junaa / vrk, jota ei voida kasvattaa ilman raideinvestointihankeita.

Tarkastelussa oletetaan, että viiden vuoden kuluttua tarkasteluhetkestä eteenpäin raideliikenteen matkustajapaikat loppuvat. Hankkeen hyödyt on laskettu kahdella tavalla:

- Matkustajapaikkojen loppumista ei oteta huomioon, vaan oletetaan, että lisämatkustajat mahtuvat tulevaisuudessakin haluamiinsa juniin tavalla tai toisella
- Matkustajapaikkojen loppuminen otetaan huomioon, ja oletetaan, että viiden vuoden jälkeen tarkasteluhetkestä eteenpäin tapahtuva matkustajamäärien kasvu suuntautuu henkilöautoliikenteeseen (Tässä laskelmassa vertailuvaihtoehdossa on ”piilevää kysyntää”, ja vastaavasti hankevaihtoehdossa on merkittävästi siirtyvää liikennettä.)

Rataosalle toteutetaan raideinvestointi, jonka ansiosta junatarjontaa voidaan lisätä. Henkilöliikenteen matka-aikojen, liikennehäiriöistä palautumisen ja maankäytön on tässä laskelmassa oletettu olevan samat vertailuvaihtoehdossa ja hankevaihtoehdossa. Raideinvestoinnin vaikutukset ovat seuraavan kaltaisia:

- Henkilöjunatarjonta, joka vaikuttaa operointikustannuksiin ja palvelutasohyötyihin
  - kasvaa vuoteen 2030 mennessä 20 lisäjunalla / vrk (matkan pituus 35 km, kesto 0,5 h)
- Matkustajamäärät, jotka vaikuttavat lipputuloihin sekä kulkutapa- ja ulkoisvaikutuksiin
  - kasvavat vuoteen 2030 mennessä 5 %, jonka lisäksi otetaan huomioon kapasiteetin loppumisen huomioivassa laskelmassa vertailuvaihtoehdon ”piilevä kysyntä”

---

<sup>19</sup> Epäsäännölliset tai muutoin hetkelliset kysyntäpiikit eivät välttämättä johda matkustajakapasiteetin lisäämiseen. Hetkellisiä lisäyksiä tehdään ennakoitavissa tilanteissa (esim. juhlapyhäliikenne tai suuret yleisötapahtumat).



- Laskelmassa on lisäksi mukana vaikutukset tieliikenteeseen, kuten ulkoisvaikutukset, jotka johtuvat liikenteen siirtymistä (tieliikenteen keskimatkaoletus 25 km, keskiuorma 1,15 matkustajaa / ajoneuvo)

Taulukossa 11 esitetään esimerkkitapauksen hyötyeriä rinnakkain siten, että laskelmassa joko ei oteta huomioon kapasiteetin loppumista tai siten, että kapasiteetin loppuminen otetaan huomioon. Lisäksi hyötyerät on laskettu sekä Liikenneviraston nykyisen laskentatapaohjeen että "kehitetyn laskentatavan" mukaan. Keltaisella on korostettu laskentatavoista johtuvat erot.

Laskelmista nähdään, että mikäli kapasiteetin loppuminen otetaan huomioon, jäävät nykyisten matkustajien hyödyt hieman pienemmiksi, mutta siirtyvästä liikenteestä tulevat hyödyt kasvavat merkittävästi suuremmiksi kuin jos kapasiteetin loppumista ei oteta huomioon. Erityisesti ulkoisten kustannusten (päästöt ja onnettomuudet) merkitys investoinnin potentiaalisena hyötynä kasvaa. Toisaalta tilanteessa valtion verotulojen vähenemisen merkitys on suuri, mutta se ei mitätöi junamatkustamisen kasvun mahdollistamisen hyötyjä. Myös lipputulojen lisäys on kapasiteetin loppumisen huomioivassa laskelmassa merkittävästi suurempi, joka näkyy mm. siten, että henkilöliikenteen tuottajan ylijäämä nousee positiiviseksi. Lipputulojen lisääntyminen ilmentää laskelmassa siirtyvän liikenteen hyötyä.

Laskelmassa, jossa kapasiteetin loppuminen junaliikenteessä on otettu huomioon, voi syntyä lisäksi ruuhkautumisen vähenemisestä hyötyjä sille ajoneuvoliikenteelle, joka jää teiden käyttäjiksi. Tällaista mahdollista ruuhkautumisen vähenemisen vaikutusta ei tässä esimerkkilaskelmassa ole otettu huomioon. Laskelmassa ei myöskään oteta huomioon matkustajien koetun palvelutason heikkenemistä tilanteessa, jossa junat ovat hyvin täysiä. Edelleen, tilanne, jossa matkustaja joutuisi odottamaan seuraavaa junaa, ei ole laskelmassa mukana, sillä tällaisten matkojen on oletettu tapahtuvan henkilöautolla. Laskelmassa ei toisaalta oteta huomioon sitä, että lähimatkustamisesta osa voi tapahtua linja-autoilla tai kevyellä liikenteellä ja siten se ehkä kärjistää havainnollistettavaa ilmiötä. Koska matkojen on ajateltu tapahtuvan junan sijaan yksityisten suhteissa henkilöautolla, ovat onnettomuus- ja päästökustannusvaikutukset tässä teoreettisessa laskelmassa merkittävän suuret. Todellisessa tilanteessa nämä vaikutukset olisivat todennäköisesti maltillisemmat matkustamisen kohdentuessa myös muuhun joukkoliikenteeseen ja kevyeen liikenteeseen.

Yhteenvedona laskelmasta voidaan todeta, että mikäli tulevaisuudessa toteutuu tilanteita, joissa nimenomaan ratakapasiteetti rajoittaa junamatkustajamäärien kasvua merkittävästi, on kapasiteetin loppuminen otettava laskelmassa huomioon, koska muuten hankkeen myötä syntyvän siirtyvän liikenteen hyödyt jäävät ottamatta täysimääräisesti huomioon.

Taulukko 11. Teoreettinen laskelma matkustajakapasiteetin loppumisen vaikutuksista.

HYÖDYT (H) 30 vuodelta	Kapasiteetin loppumista ei oteta huomioon		Kapasiteetin loppuminen otetaan huomioon	
	Nykytapa	"Keh.tapa"	Nykytapa	"Keh.tapa"
Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämä, M€	-19,3	-19,3	28,3	28,3
Operointikustannukset	-38,75	-38,75	-38,75	-38,75
Lipputulot	19,46	19,46	67,03	67,03
Kuluttajan ylijäämä, M€	75,3	92,0	70,9	86,7
Nykyiset matkustajat yhteensä	73,53	89,87	64,81	79,21
Odotusaika/vuorovälihyödyt	73,53	89,87	64,81	79,21
Siirtyvät ja uudet matkustajat yhteensä	1,77	2,17	6,13	7,50
Odotusaika/vuorovälihyödyt	1,77	2,17	6,13	7,50
Ulkoiset kustannukset, M€	13,0	13,0	489,1	489,1
Päästökustannukset	1,62	1,62	60,64	60,64
Onnettomuuskustannukset	11,42	11,42	428,50	428,50
Verot, M€	-9,1	-9,1	-325,7	-325,7
<b>HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	<b>59,9</b>	<b>76,7</b>	<b>262,6</b>	<b>278,4</b>

## 5.4 Yhteenveto esimerkkilaskelmista

### Yleistä

Esimerkkilaskelmissa olevat vaikutuserät ovat suuruusluokaltaan mielekkäitä, sillä esimerkkitapausten lähtökohdat on haettu vastamaan todellisuudessa mahdollisia tapauksia. Havainnollistetut taustaoletustekijöiden variointi (tavoitteellinen matkustuskysynnän määrän kasvattaminen, liikenteen nopeuttaminen ja lisäkapasiteetin hyödyntäminen) sekä vaikutustarkastelun kehittäminen voivat tuoda esille kapasiteettihankkeiden hyötyjä, jotka ovat jääneet osin pimentoon. Ratainvestointien kannattavuus voi parantua näillä toimenpiteillä kohtuullisessa määrin. Realististen taustaoletusten tekeminen ja empiriaan perustuva arviointimenetelmien kehittäminen voivat tukea kapasiteettihankkeiden toteuttamista, mutta ne eivät poista havaittuja kannattavuushaasteita.

### Matka-ajan erityinen merkitys

Hyötyeristä henkilöliikenteen aikasäästöt ovat suuruudeltaan vaikuttavimpia, ja jatkossa matka-ajan merkitys saattaa edelleen voimistua, jos matka-ajan kautta tarkasteltujen laatutekijöiden (odotusaikojen lyheneminen ja viiveiden väheneminen) tarkastelua vahvistetaan. Liikennevirasto kehittää viiveiden tarkastelua parasta aikaa.

### Uusi maankäyttö

Mikäli tarkasteltavan hankkeen myötä voidaan olettaa tulevan uutta maankäyttöä radan varten, voivat tämän tuottamasta uudesta matkustuksesta syntyvät lisälipputulot olla merkittävässä roolissa hankkeen kannattavuudelle. Vaikutus voi kääntää henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän usein negatiivisesta tai heikosti positiivisesta selvästi positiiviseksi. Esimerkkilaskelmat ovat teoreettisia ja niiden tarkoitus on havainnollistaa kokonaan uuden (maankäyttöennusteiden ulkopuolisen) maankäytön vaikutuksia, ei niinkään osoittaa lipputulojen kasvun absoluuttista määrää eri tilanteissa.

Maankäyttömuutoksesta tulevan lisämatkustuksen hyötyjen laskentamenetelmät ovat selkeitä ja niihin löytyy yksinkertaiset periaatteet, mutta hankaluutena voi olla maankäyttömuutoksen suuruuden määrittäminen. Käytännön kysymyksenä on siis se, miten määrittää ratahankkeen myötä tapahtuvan saavuttavuuden parantumisen vaikutus maankäytön kehitykseen. Toisaalta kuntien ja kaupunkien maankäyttösuunnitelmat voivat tukea oletusten tekemistä konkreettisella tavalla.

### **Ajan arvo häiriötilanteissa**

Liikenneviraston nykyisessä laskentaohjeessa ei ole erillistä menettelyä häiriötilanteiden arvottamiselle ajan arvon kautta. Kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa ja arviointiohjeissa sille on kuitenkin löydetty perustelut ja menettelyt. Esimerkkilaskelmissa voitiin määrittää häiriöiden vähenemisen hyödyt, vaikkakaan niiden merkitys ei ole erityisen suuri.

Häiriötilanteiden arvioinnissa varsinaisen arvottamisen sijaan ongelma voi kuitenkin olla se, miten määritellään hankkeen myötä tapahtuva häiriöiden väheneminen. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi liikennettä simuloimalla ja ottamalla huomioon tyypilliset, esimerkiksi viikoittain tapahtuvat junaliikenteen häiriöt. Liikennevirastolla on kehitteillä menetelmä, joka jatkossa voi mahdollistaa ratahankkeiden aiheuttamien viiveiden vähenemisen arvioinnin.

Häiriöiden vähenemisestä tuleva hyöty voi kuitenkin jäädä vähäiseksi, ellei kyseessä ole merkittävistä ongelmista kärsivä rataosa. Toisaalta operaattori on saattanut asettaa aikatauluihin pelivaroja, joita olisi hankkeen myötä mahdollista lyhentää. Tällaisista pelivarojen lyhentämisestä tulevat aikasäästöt kohdistuvat kaikkiin matkustajiin ja voivat tämän vuoksi olla hyvin merkittäviä.

### **Vuorotarjonnan arvottaminen**

Vuorotarjonnan lisäämisen arvottaminen ruotsalaiseen tapaan tuo etenkin kaukojunaliikenteessä lisähyötyjä Suomessa sovellettuun tapaan verrattuna. Myös lähijunaliikenteessä on eroa ruotsalaisen tavan hyväksi. Tutkimuksiin perustuva vuorotarjonnan muutosten arvottaminen olisi perusteltua sisällyttää hyötyjen arvottamiseen.

### **Tavaraliikenteen rahdin kulkuajan arvo**

Liikenneviraston nykyisen laskentaohjeen mukaan rahdin kulkuajan muutoksia ei arvoteta. Tähän ollaan mahdollisesti siirtymässä uusien tutkimustulosten valmistuttua. Sen jälkeen rahdin kulun nopeutumisesta koituvat hyödyt voidaan arvottaa tavarajunien liikennöintikustannusten ohella.

Sen jälkeen jää edelleen arvottamatta se, jos kapasiteettihankkeiden myötä tavarajunaliikenteelle kyetään tarjoamaan enemmän kulkuvälejä esimerkiksi joka tunti verrattuna siihen, että kulkuvälejä on vain joka toinen tunti. Aikataulusuunnittelun mahdollisuuksien lisääntyminen on selkeä hyöty (sekä henkilö- että tavaraliikenteessä), mutta sen arvottamiseen ei ole tarjolla yksiselitteisiä menetelmiä.

### **Siirtyvät ja uudet matkustajat**

Esimerkkilaskelmissa siirtyvien matkustajien määrä ja etenkin heidän kokemien hyötyjen määrä on nykyisten laskentasääntöjen mukaan varsin vaatimaton. Siirtyvän liikenteen osalta tieliikenteen ulkoisten kustannusten väheneminen on merkittävämpi tekijä hankkeen kannattavuudelle kuin itse junan käytön lisääntyminen. Uusi raideliikenteeseen tukeutuva maankäyttö ja/tai tieliikenteen hinnoittelun muutokset voisivat lisätä junamatkustamisen kysyntää tulevaisuudessa.

Lipputulosten lisääntyminen ilmentää laskelmissa siirtyvän liikenteen hyötyjä, kun siirtyvän liikenteen hyödyt on määritelty ns. puolikkaan säännöllä. Puolikkaan sääntöä käytetään, kun siirtyvän liikenteen hyötyjä ei kyetä täydellisesti määrittämään. Puolikkaan sääntöä käytettäessä lipputulosten lisääntyminen ei siis ole kuluttajalta tuottajalle menevä siirtoerä, jonka vaikutus kumoutuksi laskelmassa. Lipputulosten lisäys kuvaa laskelman ulkopuolelle jääviä asioita, kuten siirtyvän liikenteen ajoneuvo-liikenteen kustannuksissa saamia säästöjä.

### **Tuottajan ylijäämä**

Laskelmissa ei tehty muutoksia henkilöliikenteen tuottajan kalustokustannusten laskentatapaan. Esimerkeissä havaittiin samoin kuin Liikenneviraston hankearvioinneissa se, että lisätarjonnan syntyessä liikennöintikustannusten lisääntyminen voi rasittaa hankkeiden kannattavuutta merkittävästi ja jopa lipputulosten lisäystä voimakkaammin. Toisaalta matkustajamäärien merkittävä lisääntyminen, etenkin maankäyttövaikutusten tukemana, voi tuottaa liikennöitsijän kannalta suotuisan lopputuloksen.

Tavaraliikenteen määrässä ei oletettu tapahtuvan muita muutoksia kuin junien kulun sujuvuuden paraneminen, eikä kalustokustannuksiin myöskään kiinnitetty erityistä huomiota. Tällöin (ilman lisäliikennettä) tuottajan ylijäämä muodostuu vain hyötyjä, ei lisäkustannuksia.

### **Joukkoliikenteen järjestämistapa**

Joukkoliikenteen järjestämistapa vaikuttaa etenkin lähijunaliikennettä koskevissa tarkasteluissa. Kaupunkiseuduilla, joilla bussi- ja raideliikenne ovat yhtenäisessä lippujärjestelmässä, raide- ja bussiliikenne eivät kilpaile keskenään, vaan bussi voi toimia syöttövälineenä junaan. Kaupunkien ulkopuolella sitä vastoin juna ja bussi tyypillisesti kilpailevat matkustajista. Raideliikenne on luonteeltaan runkokuljetusmuoto, jolloin yhteisessä joukkoliikennejärjestelmässä bussiliikenne voidaan suunnitella tukemaan raideliikenteen kehittämistä, jolloin hankkeenkin kannattavuus useimmiten paranee.

Toinen oleellinen ero lähijuna- ja kaukojunaliikenteen välillä on se, että kaupunkiseuduilla joukkoliikenteen ei oleteta olevan itsekannattavaa, vaan sitä halutaan kehittää mm. sosiaalisista tai kaupunkikehittämisen lähtökohdista. Viranomaiset (kunnat, kuntayhtymät) ovat valmiita kattamaan liikenteen subventiotarpeen ja sen kasvun. Kaukojunaliikenteessä, jossa liikenne järjestetään markkinaehtoisesti, ei subventiotarpeen kasvu välttämättä löydy maksajaa ja hankkeen mahdollistama lisäliikenne voi jäädä syntymättä. Tämän vuoksi operointikustannusten ja lipputulosten välistä eroa on eri tilanteissa tulkittava eri tavalla.

### **Rata- ja matkustajakapasiteetin loppuminen**

Teoreettisen tarkastelun nojalla rata- ja matkustajakapasiteetin muodostuminen kertakaikkiseksi ja pitkäaikaisesti pahenevaksi pullonkaulaksi junamatkustamisen lisääntymiselle voi aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia vaihtoehtoisten kulkumuotojen piirissä sinne kohdistuvan ylikysynnän vuoksi. Tämä on mahdollista Suomen oloissa ehkä ennen kaikkea kaupunkiseutujen sisäisessä matkustamisessa. Rata- ja matkustajakapasiteetin vakavien pullonkaulojen tarkasteluissa vertailuvaihtoehtoon liittyvä haitallinen kehitys on todellisissa tapauksissa perusteltua ottaa huomioon, ja sillä voi olla hyvinkin suuri merkitys ratakapasiteetin lisäämisen kannattavuudelle. Huomiota on kuitenkin kiinnitettävä siihen, että matkustajakapasiteetin pullonkauloja on oikeasti muodostumassa ja, että siitä todellakin seuraa autoliikenteen ruuhkautumista kustannusvaikutuksineen, kuin myös investointitarpeita tie- ja katuverkolla.

## 6 Johtopäätökset ja suositukset

### 6.1 Liikenneviraston arviointimenettely

Useimmat Liikenneviraston ratakapasiteetti-investoinnit tai niiden toimenpidevaihtoehdot ovat nykyisen kannattavuusarviointimenettelyn mukaan laskettuna kannattamattomia. Ottamatta kantaa investointikustannusten merkitykseen, heikkoa kannattavuutta selittävät yleisellä tasolla arvioiden useat vaikutusten suuruuteen tai niiden arviointiin ja arvottamiseen liittyvät tekijät. Tunnistettuja tekijöitä ovat:

- matkustajakapasiteetin hyvä riittävyys nykytoimintaympäristössä (ts. rataverkolla ei ole erityisen merkittäviä pullonkauloja),
- junamatkustamisen ohuet matkustajavirrat,
- matka-aikojen suhteellisen vähäinen lyheneminen etenkin henkilöliikenteessä,
- saavutettavuuden paranemisen aikaansaaman kokonaan uuden yleisenustesta poikkeavan maankäytön lisääntymisen huomiotta jääminen (mikäli tällaista kehitystä voidaan tunnistaa muodostuvan),
- rahdin aikasäästön arvon puuttuminen,
- henkilö- ja tavaraliikenteen viiveiden vähentämisen aliarvostus,
- vuorotarjonnan lisäämisen ja muun matkustamisen laadun mahdollinen aliarvostus,
- liikennöintikustannusten lisääntyminen usein lipputuloja enemmän,
- julkistaloudellisesti negatiivinen lopputulos ja
- ilmastopoliittisten hyötyjen mahdollinen aliarvostus.

Liikenneinfrastruktuuri-investointien keskeinen hyötytekijä on matka-aikojen lyheneminen. Ratakapasiteetti-investoinnit eivät välttämättä nopeuta junien kuluaikoja riittävästi. Jotkut investoinnit eivät nopeuta henkilöliikennettä laisinkaan, vaikka ne mahdollistavat vuorotarjonnan lisäämisen ja/tai parantavat tavaraliikenteen toimintaolosuhteita. Tällöin investointien matka-aikahyödyt jäävät jopa olemattomiksi, eikä se myöskään houkuttele juniin uusia matkustajia. Merkittävien raideliikenteen investointien yhteydessä matka-aikojen nopeutumiselle tulisi ehkä asettaa ehtoja.

Junamatkustajien määrä ei välttämättä lisäännä kovin paljoa, vaikka lisäkapasiteettia tarjotaan ehkä merkittävästikin. Oletukset tulevasta matkustajamäärästä saattavat kuitenkin olla aliarvioita, jos huomioon otetaan se, kuinka raideliikenneyhteyksiin tullaan mahdollisesti tukeutumaan tulevaisuuden ilmasto-, maankäyttö-, elinkeino- ja työvoimapolitiikassa. Asemaseutujen asumisen ja liiketoimitilojen lisääminen ja kokonaan uusi asemaseuturakentaminen voivat tuoda merkittävästi uusia junankäyttäjiä ja sillä voi olla erityisen suuri vaikutus junien täyttöasteisiin ja kokoonpanoihin ja edelleen lipputuloihin ja kaupallisesti kannattavien vuorojen määrään. Tämän tekijän merkitystä tulisi ehkä vahvistaa vaikutusarvioinneissa. Kyseessä on kuitenkin enemmän maankäyttöpoliittinen kysymys, jota tulee käsitellä liikenne-ennusteissa. Kannattavuuslaskelmia ei tarvitse kehittää asian huomioon ottamiseksi.

Junamatkustamisen houkuttelevuus ei välttämättä tapahdu yksinomaan rautateillä tehtävin toimenpitein. Esimerkiksi tiemaksu, polttoaineiden voimakas kallistuminen tai työssäkäyntimatkojen verovähennysoikeuden muutos voisivat ohjata matkustajia enemmän rautateille. Näistä seikoista ei kuitenkaan voida tehdä hankearvioinneissa

oletuksia ilman, että mainituissa ohjauskeinoissa tiedetään olevan tulossa lainsäädännön muutoksia.<sup>20</sup>

Tällä hetkellä junien kulun täsmällisyyttä ei arvosteta riittävän voimakkaasti. Viiveiden vähenemisen arvo on kansainvälisen empirian mukaan merkittävästi tavanomaisesta matka-aikasaästöstä suurempi. Viivästyminen vähentämisen hyödyt tulisi ottaa huomioon systemaattisesti erityisin arvoin kansainvälisesti yleisen käytännön mukaan.

Vuorotarjonnan lisääntymistä ja odotusaikojen lyhenemistä tulisi ehkä myös arvottaa kansainvälisen empirian ja käytäntöjen osoittaman mukaisesti nykyistä korkeammalle.

Tavaraliikenteen rahti ei hyödy nykylaskelmissa matka-ajan nopeutumisesta tai pysähdysten ja viiveiden vähenemisestä. Kansainvälisen käytännön mukaisesti rahdin kulkuajan nopeutumiselle ja viiveiden vähenemiselle olisi perusteltua määrittää arvot.

Henkilöliikenteessä liikennöintikustannusten lisäyksistä muodostuu hankkeiden kannattavuudelle usein merkittäviä rasitteita. Lipputulosten lisäykset eivät riitä kattamaan lisäjunatarjonnan aikaansaamaa liikennöintikustannusten nousua ja poistamaan tuottajan alijäämää. Junaliikennepalvelun tuottajat eivät tarjoa oletettua liikennöintiä tappiollisesti ainakaan markkinaehtoisessa liikenteessä. Tämä nostaa esille erityisen kysymyksen siitä, millä tavalla liikennöintikustannusten muutoksia ylipäätään arvioidaan.

Liikennöintikustannusten muutosten arviointia tulisi ehkä kehittää kalustokiertoon liittyvien oletusten ja kalustokustannusten lisääntymisen arvioinnin kautta. Edellyttävätkö lisävuorot aina kalustokannan kasvattamista vai voiko lisäliikenne hoitua olemassa olevan kalustokannan käytön lisäämisellä ja tehostamisella. Tuolloin lisäliikenne voi hoitua muuttuvien kustannuksien ja keskimääräiset pääomakustannukset voivat jopa alentua taloudellisen tehokkuuden ansiosta. Ostoliikenteen tapauksessa (lähiliikenne ja muu tuettu liikenne) tilanne on toinen sikäli, että matkalippujen hintojen ei odotetakaan kattavan junaliikennepalvelun tuotantokustannuksia täysimääräisesti. Siinäkin tapauksessa veronmaksajien lisääntyvä rasite on taloudellisesti kiinnostava seikka. Pääsääntönä markkinaehtoisesta liikenteestä tulisi olla aina itsekkannattavaa ja ostoliikenteessä tulisi minimoida lipputulosten vajetta. On myös mahdollista, että liikenteen lisääntymiseen liittyviä oletuksia tulisi tehdä 30 vuodelle vaiheittaisena tarkasteluna laskenta-ajalla kysynnän kasvun ennusteita tarkemmin määritellen.

Myös lippujen hinnoittelu ja lipputulosten kehitys osana tuottajan ali-/ylijäätymisen muodostumista kuin myös junamatkustamisen houkuttelevuuden keskeisenä tekijänä kilpailuilla henkilöliikenteen markkinoilla on lisätutkimuksen tarpeessa. Mainittujen aiheiden avaaminen on erityisen tärkeää siksi, että siten voidaan vahvistaa kapasiteettihankkeissa tehtäviä liikennöinnin muutosten oletuksia. Erityisen tärkeäksi nämä aiheet (lipputulot ja liikennöintikustannukset) nousevat henkilöliikenteen palveluntarjoajien lukumäärän lisääntyessä. Junaliikenteen kilpailussa lippujen hinnat voivat muuttua suuntaan tai toiseen, jolloin syntyy matkustuskustannusten muutoksia siirtyvien matkustajien lisäksi myös nykyisille matkustajille.

---

<sup>20</sup> Liikenneviraston ennusteet eivät lähtökohtaisesti sisällä politiikkatoimia, joista ei ole päätöksiä.



Nykyinen suoraviivainen tapa laskea ratahankkeiden polttoaineverotulovaikutuksia ja valtiontaloudellisia menetyksiä mahdollisesti yliarvioi sen suuruutta. Junan käyttöön siirtymisen yhteydessä saatetaan myös säästää rahaa, joka kohdentuu muuhun verotuloja tuottavaan kulutukseen. Verotulovaikutusten toteutumista olisi arvioitava nykyistä tarkemmin.

Julkistaloudellisesti negatiivinen tulos rasittaa käytännössä sellaisten toimenpiteiden kannattavuutta, joilla tänä päivänä tavoitellaan liikenteen päästöjen vähentämistä ilmastopolitiikan vuoksi. Tämä ristiriita voimistuu, mitä houkuttelevammaksi juna-matkustaminen muodostuu autoiluun verrattuna. Autoilun päästöjen vähenemiselle määritetty arvo ei riitä kääntämään lopputulemaa positiiviseksi. Jatkossa hiilidioksidipäästöjen arvottamista tulee arvioida uudelleen.

## 6.2 Kirjallisuuden antia

Kirjallisuudesta etsittiin talousteoreettisia sääntöjä sille, miten kapasiteetin lisäyksiä tulisi toteuttaa. Tuotantotaloudellisten teorioiden mukaan

- ratakapasiteettia tulisi hyödyntää aina mahdollisimman lähellä kapasiteetin ylärajaa; keskimääräiset radanpidon kustannukset samoin kuin junien liikennöintikustannukset ovat silloin alhaisimmat suhteessa tuotoksiin (junaliikennesuoritteisiin) joita radanpito palvelee, ja
- kapasiteettia tulisi lisätä tilanteessa, jossa aiempi kapasiteettiraja ja keskimääräisten kustannusten minimitaso on saavutettu ja kapasiteetti-investoinnilla voidaan odottaa paitsi tuotosten tarjonnan kasvattamista, myös radanpidon ja liikennöinnin keskimääräisten tuotantokustannusten alenevan aiemmasta tasostaan kohti seuraavaa kapasiteettirajaa mentäessä.

Mainittujen sääntöjen puitteissa toimiminen on tasapainoilua ensin liikennöintikustannuksia mahdollisesti lisäävän häiriöherkkyyden kanssa ja sen jälkeen uskoen juna-liikennepalvelujen kysynnän lisääntyvän investoinnin jälkeen. Ellei palvelujen kysyntä lisäänty tarpeeksi, investoinnin riski realisoituu ja kapasiteetti-investointi nostaa keskimääräiset radanpidon kustannuksia aiemmasta.

Radanpidon ja rautatieliikennepalvelujen tuotantokustannusten muutosten tarkastelut niin erillisillä kuin yhteisillä kustannusrakenteiden tasoilla ovat Liikenneviraston ja yleisemminkin eurooppalaisen radanpidon taloudelle epätavallisia. Infrastruktuuri-investointien arvioinneissa ei tarkastella sitä, kuinka paljon keskimääräiset radanpidon tuotantokustannukset kaiken kaikkiaan muuttuvat suhteessa radanpidon tai rautatieliikenteen tuotoksiin. Radanpidon taloudelliset tehokkuustarkastelut tulisi tehdä koko rataverkon kustannusrakenteen tasolla (pääoma- ja muuttuvien kustannusten summana). Siihen ei ole olemassa radanpidon taloudellisen hallinnoinnin perinnettä ja menettely tulisi luoda alusta alkaen. Junien liikennöintikustannusten muutoksia ei välttämättä kyetä tarkastelemaan liikennöitsijöiden kalustokannan kokonaishallinnan kautta tietojen vaikean saatavuuden vuoksi. Tämän seurauksena ei tiedetä, seuraako ratakapasiteetti-investoinneista rautatietalouden tehostumista radanpidossa ja liikennöinnissä ja näiden yhteisvaikutuksena.



Tuotantotaloudelliset tehokkuustarkastelut ovat ominaisia esimerkiksi Pohjois-Amerikan yksityisille rautatieyrityksille. Ne pyrkivät käyttämään rataverkkoa ja kalustokantaa lähellä kapasiteettirajaa tuotannollisen tehokkuuden ja tuottavuuden nimissä. Myös panostukset kapasiteetin kasvattamiseen tehdään taloudelliseen tehostumiseen ja sen kautta nettotulonmuodostukseen perustuvien odotusten ehdoilla. Eurooppalaisessa yleensä valtion toimesta tapahtuvassa radanpidossa ratakapasiteettia ylläpidetään ja lisätään enemmän poliittiselta pohjalta rautateiden markkinaosuuden kasvattamiseksi. Se tapahtuu merkittävältä osin ympäristöperusteisen liikennepolitiikan pohjalta radanpidon talouteen liittyvät tehokkuustarkastelut ohittaen. Näistä syistä tuotantotalouden teorian pohjalta määräytyviä sääntöjä (kuten yllä) on vaikeaa hyödyntää ohjenuorana kapasiteetti-investointien tekemiselle. Yleissääntönä tulisi kuitenkin hyödyntää tietoa, jonka mukaan lähempänä kapasiteettirajoja taloudellinen tehokkuus on yleensä parempi kuin väljillä käyttöasteilla toimittaessa. Orastava kapasiteettivaje alkaa kuitenkin lisätä junaliikenteen toimintakustannuksia muun muassa häiriöherkkyyden lisääntymisen kautta.

Työssä käytiin läpi eräitä eurooppalaisten nopeiden rataverkkojen kehittämisen kannattavuusarviointeja. Tulokset kertovat yleensä alijäämäisistä tuloksista siitä huolimatta, että investoinnit kohdistuvat Suomea tiheämmin asuttuihin maihin. Huippulaatuisten verkkojen rakentaminen on huomattavan kallista ja investoinnit vaativat yhteiskunnan tukea ehkä kaikissa olosuhteissa. Toisaalta esimerkiksi Ruotsissa olemassa olevan rataverkon toimivuuden palauttamiseen tähdännyt toimenpideohjelma (suuri määrä pieniä toimenpiteitä) on osoitettu kannattavaksi viivästysten vähentämisen tuottamilla hyödyillä. Ruotsissakin nopeat junaradat on todettu taloudellisesti kannattamattomiksi investoinneiksi.

Muissa maissa sovelletuissa arviointikehikoissa on joitain eroja Liikenneviraston arviointikehikkoon ja kapasiteettihankkeisiin liittyviin vaikutustarkasteluihin nähden. Ainakin seuraavaa voidaan nostaa esille:

- Laskelmissa otetaan huomioon vaikutuksina (ainakin Ruotsin Trafikverket)
  - o myöhästymisten korotettu arvo
  - o tiheämpien aikataulujen korkeampi arvo (odotusajat)
  - o matkan koettu laatu (kulkuvälineen ruuhkautuvuus)
  - o rahdin ajan arvo
- Laskenta-ajat ovat pidemmät
  - o Trafikverket, Ruotsi 40–60v
  - o Department for Transport, Iso-Britannia 60v
- Arvostuserien korotustekijät ovat hieman korkeampia kuin Liikennevirastolla (Trafikverket; Department for Transport)

Kirjallisuuskatsauksessa havaittiin, että useissa maissa kulunvalvonnan ja liikenteen ohjausjärjestelmän tehostamista on käytetty ratakapasiteetin lisäämiseen, pyrkimyksenä välttää lisäinvestointeja infrastruktuuriin.

## 6.3 Esimerkkilaskelmat

Esimerkkilaskelmissa tutkittiin kapasiteettihankkeiden kannattavuuden kannalta keskeisten tekijöiden merkitystä eri olosuhteissa. Esimerkkilaskelmien mukaan matka-aikojen lyhentäminen tuottaa selvästi enemmän hyötyjä kuin kapasiteetin mahdollistama pelkkä lisätarjonta. Matkustamisen laatua parantavien tekijöiden, häiriöiden väheneminen ja odotusaikojen lyhenemisen arvottaminen nykyistä suuremmalla painolla lisäävät hankkeen hyötyjä, joskaan niiden painoarvo ei ole erityisen suuri. Tavaraliikenteen aika- ja täsmällisyshyötyjen sisällyttäminen laskelmaan parantaa myös hankkeen kannattavuutta.

Hyötyjen arvottamista suurempi merkitys voi olla joidenkin kapasiteetin kehittämisen oleellisten seurannaisvaikutusten tunnistaminen ja niiden suuruuden määrittäminen. Esimerkkejä tällaisista vaikutuksista, joiden arvioinnille ei ole vakiintuneita menetelmiä, ovat junaliikenteen häiriöiden väheneminen, raideliikenteen kehittämisestä ja saavutettavuuden paranemisesta johtuvien erityisten maankäyttömuutosten arviointi sekä junaliikenteen aikataulusuunnittelun mahdollisuuksien (sekä henkilö- että tavaraliikenne) paranemisen arviointi. Näiden vaikutusten osalta on oleellista tunnistaa, mikä osa vaikutuksista johtuu itse hankkeesta ja mikä osa muutoksesta olisi ollut mahdollista myös ilman hanketta.

Laskennallisessa tarkastelussa havainnollistettu rata- ja matkustajakapasiteetin puutteen muodostuminen pullonkaulaksi junamatkustamisen lisääntymiselle voi aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia vaihtoehtoisten kulkumuotojen piirissä. Kustannusten välttäminen tulisi ottaa huomioon ratakapasiteettihankkeiden hyötynä, jos tällaisia matkustajakapasiteetin riittämättömyyteen liittyviä pullonkauloja on oikeasti muodostumassa. Tällaiset tilanteet eivät ehkä ole kasvavia kaupunkiseutuja lukuun ottamatta todellisia Suomessa tänä päivänä, mutta tulevaisuudessa ilmiö voi voimistua juuri kaupunkien kasvun myötä.

## 6.4 Jatkokehittämisen suositukset

Ratakapasiteettihankkeiden tulisi kyetä yhtä aikaa matka-aikojen merkittävämpään lyhentämiseen ja lisämatkustamisen houkuttelemiseen. Nämä tekijät lisäävät nykyisten matkustajien hyötyjä ja tuovat enemmän uusia ja siirtyviä matkustajia. Kuitenkin jo nykyisen matkustamisen puitteissa matkaketjujen laadullista paranemista on mahdollista arvottaa kattavammin ainakin seuraavasti:

- henkilöliikenteen myöhästymisten vähentämisen arvottaminen,
- vuorotarjonnan lisäämisen nykyistä painokkaampi arvottaminen ja
- rahdin aikasäästöjen ja myöhästymisten vähenemisen arvottaminen.

Edelleen, junien tulisi houkutella enemmän uusia ja siirtyviä matkustajia myös rata-hankkeisiin kytkeytyvin rinnakkaisin toimenpitein. Tällä tarkoitetaan ennen kaikkea raideliikenteeseen tukeutuvaa kokonaan uutta maankäyttöä, jonka taustalla ovat muun muassa kaupungistumisen näkymät ja ympäristöpoliittiset tavoitteet. Liikenteen hinnoittelun muutokset tarjoavat myös mahdollisuuksia kysynnän ohjaamiseen, mutta siihen nojaavia oletuksia ei voida tehdä ilman, että päätöksiä lainsäädännön tosiasiallisesta muuttumisesta on tehty.

Junien liikennöintikustannusten ja lipputulojen muutoksia ja uuden liikennöinnin tyyppillistä tappiollisuutta tulee tutkia lisää. Kapasiteettihankkeiden edistäminen on taloudellisesti kestävämpiä, jos lisäkapasiteetin mahdollistama liikennöinti ei ole kannattavaa eikä toteudu varsinkaan markkinaehtoisessa liikenteessä. On mahdollista, että on tilanteita, joissa kapasiteettihankkeiden mahdollistama lisäliikenne hoituu (osittain tai kokonaan) olemassa olevalla kalustolla. Tällöin uusi liikenne aiheuttaa vain muuttuvia kustannuksia ja samalla kiinteät kustannukset (pääomakustannukset) voivat jopa suhteellisesti alentua. Tällöin on mahdollista, että tuottajan ylijäämää muodostuu nykyistä useammissa tarkasteluissa.

Julkistaloudellisten vaikutusten laskentaa tulee kehittää verotulovaikutusten nettomääräisen lopputuloksen määrittämiseksi nykyistä tarkemmin. On mahdollista, ettei valtio jää vaille autoilusta väheneviä verotuloja aivan yhtä paljon kuin nykyisen laskenta osoittaa. Mahdollisten matkakustannusten säästöjen kohdentuminen muuhun kuluutukseen voi tuottaa valtiolle korvaavia verotuloja.

Hiilidioksidipäästöjen arvottamisen uudet tarkastelut ovat tarpeen, koska ilmasto-työryhmä mahdollisesti aliarvostetaan tällä hetkellä. Ratakapasiteettihankkeissa sillä on erityistä merkitystä siksi, että rautateiden odotetaan mahdollistavan vähäpäästöiseen matkustamiseen siirtymistä merkittävässä määrin.

Hankearvioinnin yleisohjeistuksessa tulee arvioida yksikköarvojen korotustekijän määrittämistä toisin ja ehkä nykyistä korkeammaksi, sekä mahdollista laskenta-ajan pidentämistä.

Muina tutkimusaiheina esille nostetaan seuraavat aiheet:

- kulunvalvonnan ja liikenteenohjauksen mahdollisuudet ratakapasiteetin tehostamiseen
- aikatauluväljyyden lisääntymisen arvottaminen ja sen merkitys kapasiteettihankkeiden kannattavuudelle; erikseen henkilöliikenne ja tavaraliikenne
- kapasiteetti-investointien merkitys radanpidon ja liikennepalvelujen tuottamisen taloudelliselle tehokkuudelle (keskimääräisten tuotantokustannusten muutos suhteessa palvelutuotannon volyyymiin)
- rata- ja etenkin matkustajakapasiteetin riittävyys nykyisessä ja myös tulevassa toimintaympäristössä.

## Lähteet

Batarce, M., Muñoz, J. & Ortúzar, J. (2016). Valuing crowding in public transport: Implications for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part A* 91 (2016) 358–378.

Björklund G. & Swärdh, J.-E. (2015). Valuing in-vehicle comfort and crowding reduction in public transport. VTI CTS Working Paper 2015:12. (Värdering av komfort och minskning av trängsel i kollektivtrafiken; En sammanfattning. VTI notat 20-2015.)

Department for Transport (2017a). TAG UNIT A1.1. Cost-Benefit Analysis.

Department for Transport (2017b). TAG UNIT A5.3. Rail Appraisal.

Dorciak, M. (2015). Cost - Benefit Analysis of the German High Speed Rail Network. Undergraduate Economic Review: Vol. 12: Iss. 1, Article 4. Lewis & Clark College. Illinois Wesleyan University.

Eliasson, J. & Börjesson, M. (2014). On timetable assumptions in railway investment appraisal. *Transport Policy*, Vol. 36, pp. 118–126.

Hansen, S., Landex, A. & Kaas, A. (2006). The network effects of railway investments. Atkins Danmark A/S, Denmark & Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark (DTU). WIT Transactions on the Built Environment, Vol 88.

Hunt, D. (2005). Return on Investment on Freight Rail Capacity Improvement. Cambridge Systematics, Inc. Chevy Chase, Maryland. April 2005.

Invesys (2007). Transport Capacity Research Paper. A comparison of the costs of different methods of increasing capacity in road & rail environments. Invesys Rail Group.

Kalenoja, H., Aalto, E. ja Salkonen, R. (2013). Junamatkustajien kokema täsmällisyys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 54/2013.

Kanafania, A., Wangb, R. & Griffin, A. (2012). The Economics of Speed – Assessing the performance of High Speed Rail in Intermodal Transportation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 43.

Laakso, S., Kostiaainen, E. & Metsäranta, H. (2016). Liikennehankkeiden laajemmat taloudelliset vaikutukset – Esiselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 38/2016.

Laakso, S. & Metsäranta, H. (2017). Liikennehankkeiden laajemmat taloudelliset vaikutukset. Arviointimenetelmän kehittäminen ja soveltaminen Suomen oloihin. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2017.

Laird, J., Nellthorp, J. and Mackie, P.J. (2005) Network effects and total economic impact in transport appraisal. *Transport Policy*, 12 (6).

Landex, A., Kaas, A. H., Schittenhelm, B., & Schneider-Tilli, J. (2006). Evaluation of railway capacity. In Proceedings of Trafficdays. DTU Technical University of Denmark.

Landex, A. & Nielsen, O. (2007). Network Effects in Railways. Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark (DTU).

Lindfeldt, O (2012). From single to double track: Effects of alternative extension measures. Vectura Consulting AB, WIT Transactions on the Built Environment, Vol 127.

Lindfeldt, A. (2015). Railway capacity analysis - Methods for simulation and evaluation of timetables, delays and infrastructure. Doctoral Thesis in Infrastructure. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.

OECD (1997). Railways: Structure, Regulation and Competition Policy. Directorate for Financial, Fiscal and Enterprise Affairs Committee On Competition Law And Policy.

Pachl, J. (2002). Railway Operation and Control. VTD Rail Publishing. Mountlake Terrace, WA, USA.

Pitkänen, J-P. (2006). Radan välityskyvyn mittaamisen ja tunnuslukujen kehittäminen. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 4/2006.

Nash, C (2010). Enhancing the Cost Benefit Analysis of High Speed Rail, Institute for Transport Studies, University of Leeds, Working Paper - UCB Center for Environmental Public Policy No. CEPP002 - December 2010.

Rothbard, M. (2004). Man, Economy, and State. A Treatise on Economic Principles with Power and Market, Government and the Economy. Ludwig von Mises Institute.

SBB (2017). The Swiss way to capacity optimization for Traffic Management.

Shih, M-C., C. Tyler Dick, Samuel L. Sogin, and Christopher P. L. Barkan (2014). Comparison of Capacity Expansion Strategies for Single-Track Railway Lines with Sparse Sidings. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.

Sorvoja, S., Laine, M., Sunnari, H. & Musto, M. (2018). ERTMS/ETCS-tason 2 kapasiteettiä hyödyntäviä kaksiraiteisilla radoilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2018.

Svedberg, V., Aronsson, M. & Joborn, M. (2017). Railway Timetabling Based on Cost-Benefit Analysis. Transportation Research Procedia 22 (2017) 345–354.

Trafikverket (2011). Järnvägens behov av ökad kapacitet – förslag på lösningar för åren 2012–2021. Trafikverket 2011:139.

Trafikverket (2018a). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1. Kapitel 5. Kalkylprinciper och generella kalkylvärden.

Trafikverket (2018b). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1. Kapitel 7. Värdering av kortare restid och transporttid.

Trafikverket (2018c). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1. Kapitel 8. Kostnad för trängsel och förseningar.

Trafikverket (2018d). Samhällsekonomisk kalkyl av höghastighetsjärnväg 250 km/h.

Trafikverket (2018e). Höghastighetsbanor. Effekter av hastighet 250 km/h jämfört med 320 km/h. Publikationsnummer: 2018:060

Wardman, M., & Whelan, G. (2011). Twenty years of rail crowding valuation studies: Evidence and lessons from British experience. *Transport Reviews* Vol 31 Nr 3, ss. 379–398.

Westin, P-E. (2017). Prissättning av kapacitet för järnvägstransporter. Rapport 2017:033. Trafikverket.

WSP (2016). Samhällsekonomisk analys för Norrbotniabanan. Förklaringar till skillnader i kalkylresultat år 2015 jämfört med föregående analys år 2009 (Åtgärdsplaneringen inför nationell plan 2010–2021).

ISSN-L 1798-6656  
ISSN 1798-6664  
ISBN 978-952-317-636-2  
[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liik  
enne  
vira  
sto